

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-131693

(43)Date of publication of application : 12.05.2000

(51)Int.Cl.

G02F 1/13363

(21)Application number : 11-338713

(71)Applicant : FUJITSU LTD

(22)Date of filing : 30.09.1997

(72)Inventor : OMURO KATSUFUMI

KOIKE YOSHIRO

SASAKI TAKAHIRO

TSUDA HIDEAKI

SENDA HIDEO

(30)Priority

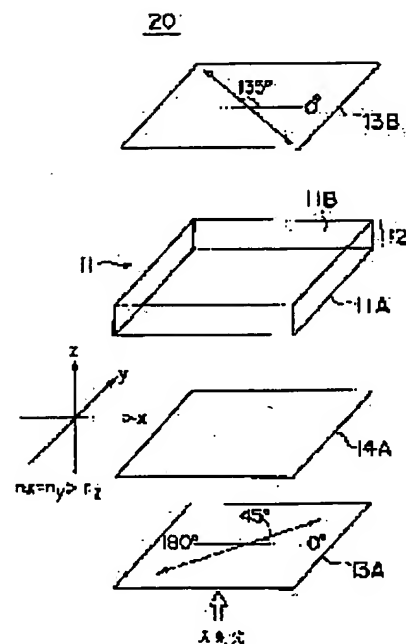
Priority number : 08259872 Priority date : 30.09.1996 Priority country : JP

## (54) LIQUID CRYSTAL DISPLAY DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain the VA mode liquid crystal display device which has its field angle and contrast optimized by arranging a specific biaxial phase difference plate almost in parallel to or almost at right angles to the axis of absorption of a polarizing plate which is arranged on the same side with the phase difference plate as for a liquid crystal layer.

SOLUTION: A phase difference compensating film 14A is inserted on one side of a liquid crystal panel 11 comprising substrates 11A and 11B and a liquid crystal layer 12 enclosed between them. The phase difference compensating film 14A has negative retardation  $\Delta n \cdot d_1$  ( $\Delta n = n_y - n_z = n_x - n_z$ , where  $n_x$  to  $n_z$  are the refractive indexes in the directions of the main axes (x) to (z) of an index elliptic body and  $d_1$  in the thickness of the retardation film) in the (z) direction, and the film 14A is arranged between the liquid crystal panel 11 and the polarizing plate 13A to compensate the birefringence of light passing through the liquid crystal panel 11. Namely, the phase difference plate is arranged almost in parallel or almost at right angles to the axis of absorption of the polarizing plate 13A arranged on the same side with the phase difference compensating film 14A as for the liquid crystal layer 12 so as to obtain a wide field angle.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

29.11.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the

“\* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] The 1st polarizing plate with which the 1st and 2nd substrates which pinch a liquid crystal layer, and the side which touches said liquid crystal layer of said 1st substrate were arranged in the opposite side, In the liquid crystal display equipped with the 2nd polarizing plate arranged in the opposite side with the side which touches said liquid crystal layer of said 2nd substrate said liquid crystal layer The liquid crystal molecule which carries out orientation in the 1st perpendicular direction of orientation is included. the condition that external electric field are not impressed and of not driving -- setting -- said 1st and 2nd substrates -- receiving -- abbreviation -- said 1st substrate The 1st and 2nd electrodes which form the electric field which act so that the direction of orientation of said liquid crystal molecule may change [ said / 1st ] from orientation toward the 2nd direction of orientation parallel to said 1st and 2nd substrates in a drive condition are supported. At least to one side of the 1st clearance between said 1st substrate and said 1st polarizing plate, and the 2nd clearance between said 2nd substrate and said 2nd polarizing plate It is  $n_x > n_y > n_z$  about the refractive index  $n_x$  to each direction of x, and y and z,  $n_y$ , and  $n_z$ . Or  $n_y > n_x > n_z$  Become. In an optically biaxial phase contrast plate, the lagging axis within the field of said phase contrast plate is arranged so that it may become the absorption shaft of said polarizing plate, the abbreviation concurrency, or the abbreviation perpendicular arranged in the same side as said phase contrast plate to said liquid crystal layer. Said liquid crystal display is a liquid crystal display with which the direction of said liquid crystal molecule is characterized by changing the condition from said condition of not driving to a drive condition by changing in said 2nd direction from said 1st direction according to said electric field formed between said 1st and 2nd electrodes.

[Claim 2] Said phase contrast plate is a liquid crystal display according to claim 1 with which the retardation within the field given by  $|n_x - n_y| \cdot d$  is characterized by being 120nm or less when thickness of a phase contrast plate is set to d.

[Claim 3] The liquid crystal display according to claim 2 characterized by the retardations within the field of said phase contrast plate being 20nm or more and 60nm or less.

[Claim 4] Said phase contrast plate is a liquid crystal display according to claim 1 with which the retardation of the thickness direction given by  $\{(n_x + n_y) / 2 - n_z\}$  and d is characterized by being 2 double less or equal of the retardation of said liquid crystal layer when thickness of a phase contrast plate is set to d.

---

[Translation done.]

#### \*NOTICES\*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the liquid crystal display which operates in the so-called VA mode which carried out orientation of the liquid crystal which generally has a forward or negative dielectric constant anisotropy especially about a liquid crystal display to the abbreviation perpendicular direction to the panel side of a liquid crystal display.

[0002]

[Description of the Prior Art] The liquid crystal display is widely used as a display of various information processors including a computer. A liquid crystal display is small, and although it is used especially for the information processor of a portable way in many cases since power consumption is low, application is considered also about the information processor of cover halves, such as the so-called desktop mold.

[0003] by the way, in the conventional liquid crystal display, the so-called thing in TN (the twist -- nematic) mode which carried out level orientation of the p mold liquid crystal which has a forward dielectric constant anisotropy between the substrates of the liquid crystal display which counters mutually has mainly been used. The liquid crystal display in TN mode is characterized by the direction of orientation of the liquid crystal molecule contiguous to one substrate twisting 90 degrees to the direction of orientation of the liquid crystal molecule contiguous to the substrate of another side.

[0004] It is constituted so that a black display may be performed in the drive condition that white is impressed to electric field by said liquid crystal molecule again in the condition that electric field are not impressed to the liquid crystal molecule with which realizing high contrast constitutes a liquid crystal panel from a liquid crystal display in TN mode which generally starts difficult consequently and of not driving, although various liquid crystal was already developed and the cheap manufacturing technology has been established in the liquid crystal display in this TN mode. In the case of the conventional TN mode liquid crystal display, in the condition of not driving, a liquid crystal molecule carries out orientation in parallel with the field of a liquid crystal panel, and the direction of orientation of a liquid crystal molecule changes to a liquid crystal panel in a drive condition at an abbreviation perpendicular, but this In fact, the liquid crystal molecule which adjoins a liquid crystal panel also in a drive condition is for light to pass a liquid crystal panel to some extent also in a drive condition by the birefringence which the liquid crystal molecule which maintained level orientation and carried out this level orientation forms. Even if it is going to display a background black in the liquid crystal display in this TN mode, as a result of the birefringence which the liquid crystal molecule near the substrate produces, the black of a background will not turn into perfect black in fact, but the problem that light will leak or color will arise. Under such a situation, white was made into the background color with the liquid crystal display in the conventional TN mode.

[0005] The liquid crystal layer which has a forward or negative dielectric constant anisotropy between the substrates of the pair which constitutes a liquid crystal panel on the other hand, in the liquid crystal display in perpendicular orientation or VA mode enclosed so that perpendicular inclination orientation might be carried out the condition of not driving -- setting -- a liquid crystal molecule -- a substrate side -- receiving -- abbreviation -- since it has perpendicular orientation, light passes a liquid crystal layer, without changing most of the plane of polarization, and, as a result, a nearly perfect black display is possible for it in the condition of not driving, by [ of a substrate ] arranging a polarizing plate up and down. If it puts in another way, the liquid crystal display in this VA mode can realize impossible, very high contrast easily in the liquid crystal display in

“TN mode. Moreover, in the state of the drive which impressed drive electric field to the liquid crystal molecule, a liquid crystal molecule rotates the plane of polarization of the light beam which carries out orientation in parallel with a panel side and which carries out incidence into a liquid crystal panel. However, in the drive condition of VA mode liquid crystal display, the liquid crystal molecule which carried out level orientation shows 90-degree twist between one substrate and the substrate of another side. By doing in this way, the plane of polarization of the light which passes a liquid crystal layer rotates.

[0006] the physical properties of the liquid crystal in which the VA mode itself is known for many years, for example, a negative dielectric constant anisotropy is shown -- already -- D.de Rossi etc. -- it has reported (J.Appl.Phys.49(3) and March 1978).

[0007]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, it was presupposed conventionally that display quality, such as the response time, a viewing-angle property, and electrical-potential-difference retention, was inferior of the liquid crystal display in VA mode even if the contrast ratio is excellent compared with the liquid crystal display in TN mode, and earnest research / development efforts towards utilization were seldom made. It was believed that especially implementation of the liquid crystal panel of the active matrix using a thin film transistor (TFT) was difficult.

[0008] On the other hand, in the liquid crystal display in VA mode, although the application to the indicating equipment of a desktop mold can be especially considered since the contrast which is equal to the conventional CRT is acquired, it is required that the liquid crystal display of such a desktop mold should have a large area, and a large angle of visibility should be especially obtained besides a response being high-speed. Then, this invention sets it as the general purpose to offer the liquid crystal display in new and useful VA mode which solved the above-mentioned technical problem.

[0009] Especially the more concrete purpose of this invention is to offer VA mode liquid crystal display using the liquid crystal which has a forward or negative dielectric constant anisotropy optimized about an angle of visibility and contrast.

[0010]

[Means for Solving the Problem] The 1st and 2nd substrates which pinch a liquid crystal layer as this invention indicated the above-mentioned technical problem to claim 1, In the liquid crystal display equipped with the 2nd polarizing plate with which the 1st polarizing plate arranged in the opposite side with the side which touches said liquid crystal layer of said 1st substrate, and the side which touches said liquid crystal layer of said 2nd substrate were arranged in the opposite side The liquid crystal molecule which carries out orientation in the 1st perpendicular direction of orientation is included. the condition that external electric field are not impressed, as for said liquid crystal layer and of not driving -- setting -- said 1st and 2nd substrates -- receiving -- abbreviation -- said 1st substrate The 1st and 2nd electrodes which form the electric field which act so that the direction of orientation of said liquid crystal molecule may change [ said / 1st ] from orientation toward the 2nd direction of orientation parallel to said 1st and 2nd substrates in a drive condition are supported. At least to one side of the 1st clearance between said 1st substrate and said 1st polarizing plate, and the 2nd clearance between said 2nd substrate and said 2nd polarizing plate the refractive index  $n_x$  to each direction of x, and y and z,  $n_y$ , and  $n_z$  \*\*\*\*\* --  $n_x > n_y > n_z$  Or  $n_y > n_x > n_z$  it becomes -- In an optically biaxial phase contrast plate, the lagging axis within the field of said phase contrast plate is arranged so that it may become the absorption shaft of said polarizing plate, the abbreviation concurrency, or the abbreviation perpendicular arranged in the same side as said phase contrast plate to said liquid crystal layer. The direction of said liquid crystal molecule said liquid crystal display by changing in said 2nd direction from said 1st direction according to said electric field formed between said 1st and 2nd electrodes As indicated to the liquid crystal display characterized by changing the condition from said condition of not driving to a drive condition, or claim 2, said phase contrast plate When thickness of a phase contrast plate is set to d, the retardation within the field given by  $|n_x - n_y| \cdot d$  with the liquid crystal display according to claim 1 characterized by being 120nm or less As indicated to claim 3, with or the liquid crystal display according to claim 2 characterized by the retardations within the field of said phase contrast plate being 20nm or more and 60nm or less As indicated to claim 4, or said phase contrast plate When thickness of a phase contrast plate is set to d, the retardation of the thickness direction given by  $\{(n_x + n_y) / 2 - n_z\}$  and d is solved with the liquid crystal display according to claim 1 characterized by being 2 double less or equal of the retardation of said liquid crystal layer.



[0011] Hereafter, the principle of this invention is explained. Drawing 1 shows the fundamental configuration of the liquid crystal display by this invention. With reference to drawing 1, 2nd polarizing plate (analyzer) 13B to which 1st polarizing plate (polarizer) 13A which has an absorption shaft has an absorption shaft in the direction shown by arrow-head 3b up again is arranged in the direction which showed the liquid crystal display 10 by arrow-head 13a under said liquid crystal panel including the liquid crystal panel which consists of glass substrates 11A and 11B of the pair which counters mutually, and a liquid crystal layer 12 enclosed between them.

[0012] The liquid crystal which constitutes the liquid crystal layer 12 is liquid crystal which has a forward or negative dielectric constant anisotropy, and orientation of the liquid crystal molecule 12a near the bottom substrate 11A is carried out to an abbreviation perpendicular to substrate 11A in the condition of a liquid crystal panel of not impressing electric field between substrate 11A and 11B and of not driving. Similarly, orientation of the liquid crystal molecule 12b near the top substrate 11B is carried out to an abbreviation perpendicular to substrate 11B. If it puts in another way, a liquid crystal display 10 constitutes the liquid crystal display which operates in the so-called VA mode.

[0013] The director in which bottom substrate 11A supports with the example of a configuration of drawing 1 the 1st orientation film (not shown) by which rubbing was carried out in the direction offset about 22.5 degrees in the direction of a counterclockwise rotation from the longitudinal direction to an upper principal plane, and the direction of orientation of a liquid crystal molecule is shown points at the direction which inclined [ of this 1st orientation film ] to the upper part at the include angle of about 89 degrees from rubbing about liquid crystal molecule 12a. Similarly, the director in which bottom substrate 11B supports the 2nd orientation film (not shown) by which rubbing was carried out in the direction offset about 22.5 degrees in the direction of a clockwise rotation from the longitudinal direction to a bottom principal plane, and the direction of orientation of a liquid crystal molecule is shown points at the direction to which it inclined at the include angle of about 89 degrees caudad from [ of this 2nd orientation film ] rubbing about liquid crystal molecule 12b. That is, a liquid crystal molecule forms a 45-degree twist angle among the up-and-down substrates 11A and 11B into the liquid crystal layer 12. However, as shown in drawing 1, in case a liquid crystal panel is formed from Substrates 11A and 11B, Substrates 11A and 11B are combined with sense which the direction of rubbing counters at the include angle of 45 degrees mutually.

[0014] Polarizer 13A which has absorption shaft 13a is arranged in the liquid crystal panel bottom which consists of substrates 11A and 11B, and the light which carries out incidence from a lower part is polarized in the direction which intersects perpendicularly with absorption shaft 13a. Similarly analyzer 13B which has absorption shaft 13b is arranged in the liquid crystal panel bottom, and the light which passed the liquid crystal panel is polarized in the direction which intersects perpendicularly with absorption shaft 13b. Therefore, if the light which polarized by polarizer 13A passes a liquid crystal panel without change of plane of polarization as it is when polarizer 13A and analyzer 13B are arranged so that the absorption shafts 13a and 13b may intersect perpendicularly mutually, this light will be intercepted by analyzer 13B and a black display will be obtained.

[0015] Although a transparent electrode (not shown) is formed the outside of substrate 13A, and inside each orientation film of substrate 13B, in the condition of not impressing driver voltage to an electrode and of not driving, orientation of the liquid crystal molecule in the liquid crystal layer 12 is carried out to an abbreviation perpendicular to a substrate side like liquid crystal molecule 12a or 12b, and the polarization condition of the light which passes a liquid crystal panel as a result hardly changes. That is, in said liquid crystal display 10, an ideal black display is realized in the condition of not driving. On the other hand, in the state of a drive, a liquid crystal molecule inclines in abbreviation parallel in a substrate side, and the light which passes a liquid crystal panel changes a polarization condition with this inclined liquid crystal molecule. A paraphrase obtains a white display in a drive condition in a liquid crystal display 10.

[0016] Drawing 2 (A) shows the contrast ratio at the time of changing variously the include angles phi and theta of the absorption shafts 13a and 13b of polarizer 13A and analyzer 13B about this liquid crystal display 10. However, include angles phi and theta are defined as shown in the top view of drawing 2 R> 2 (B), and a contrast ratio compares the condition of having impressed the condition (driver voltage 0V) of not driving, and the driver voltage of 5V. In the example of drawing 2 (A), as liquid crystal which constitutes the liquid crystal layer 12, the thing (for example, liquid crystal product more nearly available than Merck Japan as a trade name MJ95785) of  $\Delta n = 0.0813$  and  $\Delta \epsilon = -4.6$  was used, and the commercial thing, for example, NITTO

DENKO G1220DU, was used as polarizing plates 13A and 13B. Moreover, the thickness of a liquid crystal cell, i.e., thickness  $d$  of the liquid crystal layer 12, is set as 3.5 micrometers.  $\Delta n = n_e - n_o$  [ however, ] it is --  $n_e$  and  $n_o$  It is the refractive index of the abnormality light in liquid crystal, and forward Tsunemitsu, respectively. Moreover,  $\Delta \epsilon$  expresses a dielectric constant anisotropy.

[0017] First with reference to drawing 2 (B), this drawing shows the include angle  $\theta$  which the include angle  $\phi$  which polarizer absorption shaft 13a to the twist angle of the liquid crystal molecule in a liquid crystal display 10 and the center line of the twist makes, and analyzer [ further as opposed to the center line of said twist ] absorption shaft 13b make. However, unlike the display of drawing 1 , in the liquid crystal display 10, 180 degrees of sense of top substrate 11B are reversed, and the top view of drawing 2 (B) has shown that it becomes in the same direction as the sense of bottom substrate 11A, in order to show a twist angle and its center line clearly.

[0018] With reference to drawing 2 (A), the contrast ratio of a liquid crystal display 10 Polarizer 13A and analyzer 13B become the maximum in a crossed Nicol condition, i.e., the condition that absorption shaft 13a and absorption shaft 13b intersect perpendicularly. In the condition that the include angle which polarizer absorption shaft 13a on the basis of the twist center line corresponding to the straight line which connects  $\phi = 45$  degrees, i.e., 0-degree-180 " of drawing 2 (B), especially makes is 45 degrees, it turns out that contrast becomes max. This include angle that analyzer absorption shaft 13b on the basis of a twist center line similarly makes in the state of a crossed Nicol becomes 135 degrees. Moreover, the same maximum contrast of obtain [ even if it sets include angles  $\phi$  and  $\theta$  as -45 degrees and -135 degrees in drawing 2 (B), respectively ] is clear. In this case, the include angle which the include angle made to said twist center line of absorption shaft 13a in drawing 1  $R > 1$  makes to said twist center line of 135 degrees and absorption shaft 13b becomes 45 degrees.

[0019] Although the contrast ratio which exceeds 700 also in setup [ which / of  $\phi$  and  $\theta$  ] is obtained in the liquid crystal display 10 by this invention so that drawing 2 (A) may show, this result shows the predominance of VA liquid crystal display to the usual twist nematic (TN) liquid crystal display with which only at most about 100 contrast ratio is obtained.

[0020] Drawing 3 (A) - (D) is drawing explaining the operating characteristic of the liquid crystal display 10 of drawing 1 . However, what was explained previously is being used for liquid crystal and a polarizing plate. Among these, drawing 3 (A) is the wave form chart showing the wave of the electrical-potential-difference pulse impressed to a liquid crystal display 10, and drawing 3 (B) shows change of the permeability of the liquid crystal display 10 produced corresponding to the electrical-potential-difference pulse of drawing 3 (A) with a continuous line and a broken line, respectively about the case which did not add chiral material in the liquid crystal layer 12 where it case and adds. However, the result of drawing 3 (B) is a thing about what set thickness  $d$  of a liquid crystal cell as 3.5 micrometers, and the twist angle of a liquid crystal molecule is made into 45 degrees as explained previously. a ratio [ as opposed to / in the pitch  $p$  of chiral material / thickness  $d$  of the liquid crystal layer 12 at the example of illustration ] -- it has set up so that  $d/p$  may be set to 0.25. When chiral material is not added so that drawing 3 (B) may show, although high fixed light transmittance is shown substantially, when [ whose liquid crystal display 10 corresponded to the applied-voltage pulse ] chiral material is added in the liquid crystal layer 12, it turns out that the permeability of a liquid crystal display 10 decreases with time amount. If it puts in another way, in the liquid crystal display 10 in VA mode, addition of the chiral material currently generally used with the liquid crystal display in TN mode will bring about degradation of the dynamic-response property which is not desirable.

[0021] Drawing 3 (C) shows change of a dynamic permeability property in the liquid crystal display 10 which set thickness  $d$  of a liquid crystal cell to 3.5 micrometers about the case where the twist angle of a liquid crystal molecule is changed in 0 degree - 90 degrees. The dynamic permeability property accompanying the input pulse of drawing 3 (A) is hardly influenced depending on the twist angle of a liquid crystal molecule so that drawing 3 (C) may show. Control of this twist angle is made by controlling the direction of rubbing of the molecular orientation film on substrate 11A and 11B.

[0022] Drawing 3 (D) shows change of the dynamic permeability property at the time of changing thickness  $d$  of a liquid crystal cell in 4.5 to 2.5 micrometers. Although the permeability accompanying the input pulse of drawing 3  $R > 3$  (A) decreases while the cel thickness  $d$  decreases so that drawing 3 (D) may show The index TON which shows a speed of response, i.e., time amount until permeability reaches 90% of a saturation value

(permeability = 100%) from 0% at the time of ON, Moreover, time amount TOFF until permeability falls from a saturation value to 10% at the time of OFF It decreases, so that cel thickness decreases, therefore it turns out that a speed of response increases. If the cel thickness  $d$  is especially set as 2.5 micrometers or less, the standup and falling of a dynamic permeability characteristic curve will become very steep.

[0023] Drawing 4 (A) and (B) show the configuration at the time of using the liquid crystal which has a negative dielectric constant anisotropy in the liquid crystal layer 12 in the liquid crystal display of drawing 1. With reference to drawing 4 (A) and (B), on glass substrate 11A, electrode pattern 11a and molecular orientation film 11a' is formed, and electrode pattern 11b and molecular orientation film 11b' is formed on glass substrate 11B, and the liquid crystal layer 12 is pinched between molecular orientation film 11a' and 11b'.

[0024] Among these, although the condition of drawing 4 (A) shows the condition that driver voltage is not impressed and of not driving, between electrode pattern 11a and electrode pattern 11b, in this condition of not driving, orientation of the liquid crystal molecule is substantially carried out perpendicularly to a substrate principal plane according to an operation of molecular orientation film 11a' and 11b'. Next, if driver voltage is impressed between said electrode pattern 11a and 11b, as shown in drawing 4 (B), orientation of the liquid crystal molecule which has a negative dielectric constant anisotropy will be carried out to horizontally an abbreviation rectangular cross is carried out to drive electric field.

[0025] Drawing 5 (A) and (B) show the configuration at the time of using the liquid crystal which has a forward dielectric constant anisotropy in the liquid crystal layer 12 in the VAT mode liquid crystal display of drawing 1. However, the same reference mark is given to the part corresponding to the part explained previously, and explanation is omitted. With the configuration of drawing 5 (A) and (B), an electrode pattern is not formed on substrate 11B, but electrode pattern 11a by which a pair adjoins only on substrate 11A is formed.

[0026] In the condition shown in drawing 5 (A) of not driving, orientation of the liquid crystal molecule is too carried out to an abbreviation horizontal in accordance with the electric field formed between the electrodes of said pair in the drive condition shown in drawing 5 (B) like drawing 4 (A) according to an operation of the molecular orientation film although orientation is carried out to the abbreviation perpendicular to the substrate principal plane. Drawing 6 shows the liquid crystal display 20 of a configuration of having inserted phase contrast compensation film 14A in one side of the liquid crystal panel 11 which consists of a liquid crystal layer 12 enclosed Substrates 11A and 11B and between them in drawing 1, in order to improve further the viewing-angle property of the liquid crystal display 10 of drawing 1.

[0027] With reference to drawing 6, phase contrast compensation film 14A retardation  $\delta n \cdot d$  ( $\delta n = n_y - n_z = n_x - n_z$ ;  $n_x$ ,  $n_y$ , and  $n_z$  -- respectively -- the refractive index of the main shaft  $x$  of an index ellipsoid,  $y$ , and the direction of  $z$  --) negative to the direction of  $z$   $d$  It has the thickness of a retardation film, and is arranged between a liquid crystal panel 11 and polarizer 13A, respectively, and the birefringence of the light which passes a liquid crystal panel 11 is compensated.

[0028] Drawing 7 -22 show the viewing-angle property of a liquid crystal display 20 that this phase contrast compensation film 14A was able to be prepared, about the case where the magnitude of retardation  $R'$  of film 14A is changed variously. However, in drawing 7 -22, the viewing angle in which the include-angle value of 0.0 degrees of a circumferencial direction, 90.0 degrees, 180.0 degrees, and 270.0 degrees of each azimuth were measured, and the concentric circle measured the direction of a panel transverse plane as 0 degree is shown at intervals of 20 degrees. Therefore, the concentric circle of the outermost periphery expresses with illustration the viewing angle which is 80.0 degrees. Moreover, as for each contour line, contrast ratio CR expresses contrast lines, such as 500.0, 200.0, 100.0, and 50.0, 10.0.

[0029] Using [ and ] the liquid crystal which has the Merck Japan MJ941296 grade and a negative dielectric constant anisotropy as a liquid crystal layer 12, for example in the case of which [ of drawing 7 -22 ], a viewing-angle property is a thing at the time of impressing the driver voltage pulse of 0V/5V to a liquid crystal panel. However, the same viewing-angle property is acquired also when the liquid crystal in which a forward dielectric constant anisotropy is shown as a liquid crystal layer 12 is used. Therefore, the result of drawing 7 -22 is equally materialized also to VA mode liquid crystal display using the liquid crystal which has the forward dielectric constant anisotropy shown in drawing 5 (A) and (B) also as opposed to VA mode liquid crystal display using the liquid crystal which has the negative dielectric constant anisotropy shown in drawing 4 (A) and (B).

[0030] Especially, in drawing 7 -16, further, the twist angle of a liquid crystal molecule was made into 45

degrees, and 3 micrometers of pre tilt angles were made [ birefringence  $\Delta n$  of a liquid crystal panel 11 ] into 89 degrees for 0.0804 and the cell thickness  $d$ . In this case, retardation  $\Delta n \cdot d$  of a liquid crystal panel 11 is set to 241nm. In the example of drawing 7, retardation  $R'$  is 108nm, to ratio  $R'/\Delta n \cdot d$  to the retardation value of 241nm of a liquid crystal panel being set to 0.45, retardation  $R'$  is 144nm and said ratio  $R'/\Delta n \cdot d$  has become 0.6 by the example of drawing 8. In the example of drawing 9, retardation  $R'$  to 0.75 said ratio  $R'/\Delta n \cdot d$  by 180nm furthermore, in the example of drawing 10 To 0.82, said ratio  $R'/\Delta n \cdot d$  by 198nm in the example of drawing 11 [ retardation  $R'$  ] To 0.90, said ratio  $R'/\Delta n \cdot d$  by 216nm in the example of drawing 12 [ retardation  $R'$  ] To 0.97, said ratio  $R'/\Delta n \cdot d$  by 234nm in the example of drawing 13 [ retardation  $R'$  ] To 1.05, said ratio  $R'/\Delta n \cdot d$  by 252nm in the example of drawing 14 [ retardation total value  $R'$  ] To 1.12, said ratio  $R'/\Delta n \cdot d$  by 270nm in the example of drawing 15 [ retardation  $R'$  ] Retardation  $R'$  is 288nm, said ratio  $R'/\Delta n \cdot d$  is become to 1.20, and said ratio  $R'/\Delta n \cdot d$  has become 1.34 by  $R'/324\text{nm}$  of retardations in the example of drawing 16 further.

[0031] With reference to drawing 7 -16, it turns out that the viewing-angle property which shows especially the liquid crystal display 20 to drawing 11 or drawing 12 and which whose ratio  $R'/\Delta n \cdot d$  is about (0.97-1.05) one range, and was especially excellent is shown. When it puts in another way, the result of drawing 7 -16 shows that the viewing-angle property of a liquid crystal display 20 is improved remarkably by adjoining a liquid crystal panel 11, and the retardation value's of abbreviation being in the retardation value of a liquid crystal panel by carrying out, and arranging phase contrast compensation film 14A.

[0032] In the configuration of drawing 6, the result explained above is materialized, also when phase contrast compensation film 14B different from said phase contrast compensation film 14A is arranged above a liquid crystal panel 11. However, said retardation  $R'$  becomes phase contrast compensation film 14A and the total value of phase contrast compensation film 14B in this case. In the configuration of drawing 6, drawing 17 -22 make retardation  $\Delta n \cdot d$  of a liquid crystal panel 11 carry out abbreviation coincidence of sum total retardation  $R'$  of phase contrast compensation film 14A and/or 14B, and show the viewing-angle property at the time of changing thickness  $d$  of the liquid crystal layer 12 in a liquid crystal panel 11. However, in drawing 17 -22, a high line, such as having expressed with  $CR=10$ , shows the viewing angle from which a contrast ratio 10 is obtained.

[0033] If 1 micrometer, therefore retardation  $\Delta n \cdot d$  of a liquid crystal panel 11 become [ thickness  $d$  ] less than [ 82nm or it ] as shown in drawing 17 -22, a viewing-angle property will deteriorate clearly, and if 5 micrometers, therefore retardation  $\Delta n \cdot d$  of a liquid crystal panel 11 are set to 410nm or more by thickness  $d$ , a viewing-angle property will deteriorate again. From this, in the liquid crystal display 20 of drawing 6, more preferably, the retardation of a liquid crystal panel 11 is 82nm or more, and is understood that it is [ about 80nm or more / about 400nm or less ] desirable to set it as 410nm or less more preferably. The same conclusion is equally applied also to the liquid crystal display using the forward dielectric constant anisotropy liquid crystal shown in drawing 5 (A) and (B) only to the liquid crystal display using the negative dielectric constant anisotropy liquid crystal shown in drawing 4 (A) and (B).

[0034] Drawing 23 -28 show the permeability to the direction of a transverse plane of the liquid crystal display 20 of drawing 6 at the time of changing thickness  $d$  of the liquid crystal layer 12 variously about each color (B= blue, G= green, R= red) which constitutes three primary colors. However, permeability measured applied voltage, making it change from 0V to 6V. As shown in drawing 23 -26, when thickness  $d$  of a liquid crystal layer is below 1 micrometer ( $\Delta n \cdot d=82\text{nm}$ ), even if it impresses the driver voltage of 6V, permeability is very low also in which color ( drawing 23 ).

[0035] On the other hand, when thickness  $d$  of a liquid crystal layer is increased to 1 micrometers or more, as the permeability at the time of a liquid crystal display drive increases greatly and said each color in three primary colors is shown especially in drawing 26 and 27 When thickness  $d$  of said liquid crystal layer 12 is set to 4-5 micrometers, the almost same permeability is realized about each color of R, G, and B by setting the magnitude of a driver voltage pulse as about 4 V.

[0036] the case where it sets up more than 6 micrometers or it as the thickness of the liquid crystal layer  $d$  is increased further and it is shown in drawing 28 on the other hand -- each color of R, G, and B -- abbreviation -- permeability [ as opposed to / although it hits and comes out / each color of R, G, and B in this case ] with the driver voltage a little lower than 3V from which equal permeability is obtained -- abbreviation -- it will narrow rather than the range of driver voltage which becomes equal can set to drawing 26 or drawing 27. A paraphrase

produces the problem which a white display colors by slight fluctuation of driver voltage with the configuration of drawing 28. However, in the liquid crystal display actually mass-produced, control of strict driver voltage is difficult.

[0037] As for thickness  $d$  of the liquid crystal layer 12, also from this, it is desirable in the liquid crystal display of drawing 6 that they are 1 micrometers or more and 6 micrometers or less. It is desirable that the retardations of the liquid crystal layer 12 are about 80nm or more and about 400nm or less in connection with this. The same conclusion is equally applied also to VA mode liquid crystal display using the forward dielectric constant anisotropy liquid crystal shown in drawing 5 (A) and (B) only to VA mode liquid crystal display using the negative dielectric constant anisotropy liquid crystal shown in drawing 4 (A) and (B).

[0038] At least all directions show about an angle color change observed when drawing 29 -32 change a polar angle from +80 degrees to -80 degrees in the liquid crystal display of drawing 6. However, drawing 29 -32 are drawing which plotted observed color change to CIE (1931) standard colorimetric system. A broken line shows the case where an azimuth is 90 degrees when the azimuth of a thin continuous line is 45 degrees about the case where the azimuth of a thick line is 0 degree, among drawing 29 - 32.

[0039] First, when 1 micrometer, therefore retardation  $\delta n \cdot d$  of a liquid crystal panel 11 are set to 82nm for thickness  $d$  of the liquid crystal layer 12 with reference to drawing 29, even if any of a polar angle and an azimuth change, change of the color observed is slight. However, as shown in drawing 30, when thickness  $d$  of the liquid crystal layer 12 sets to 3 micrometers ( $\delta n \cdot d = 246\text{nm}$ ), color change becomes a little large. However, in the case of drawing 30, the azimuth dependency of color change is not observed yet.

[0040] On the other hand, in the case of drawing 31 which set thickness  $d$  of the liquid crystal layer 12 to 4 micrometers ( $\delta n \cdot d = 328\text{nm}$ ), color change which color change from which a liquid crystal display 20 arises becomes still larger, and is with the case where an azimuth is 90 degrees, and the case where it is 0 degree or 45 degrees, and is different comes to be observed. Furthermore, as shown in drawing 32, when thickness  $d$  of the liquid crystal layer 12 is set as 5 micrometers ( $\delta n \cdot d = 410\text{nm}$ ), or when [ as shown in drawing 33, ] thickness  $d$  is set as 6 micrometers ( $\delta n \cdot d = 492\text{nm}$ ), color change observed becomes very large.

[0041] The result of drawing 29 -33 shows that it is desirable to set retardation  $\delta n \cdot d$  of the liquid crystal layer 12 to drawing 28 and about 300nm or less, for example, middle 280nm of 29, when applying the liquid crystal display in VA mode to the full color liquid crystal display with which it is required of a wide-field-of-view angle. The same conclusion is equally applied also to VA mode liquid crystal display using the forward dielectric constant anisotropy liquid crystal shown in drawing 5 (A) and (B) only to VA mode liquid crystal display using the negative dielectric constant anisotropy liquid crystal shown in drawing 4 (A) and (B).

[0042] Furthermore, in the liquid crystal display 20 of drawing 6, the artificer of this invention set thickness  $d$  of the liquid crystal layer 12 as 3 micrometers, and investigated the effect which the twist angle which a liquid crystal molecule forms between the top face of the liquid crystal layer 12 and an inferior surface of tongue has on a viewing-angle property. Drawing 34 -36 show the viewing-angle property at the time of making a \*\*\*\*\* twist angle into 0 degree, 90 degrees, and 180 degrees. As shown in drawing 34 -36, most substantial change of the viewing-angle property by the twist angle is not seen. The same relation is equally materialized also to VA mode liquid crystal display using the forward dielectric constant anisotropy liquid crystal shown in drawing 5 (A) and (B) also as opposed to VA mode liquid crystal display using the negative dielectric constant anisotropy liquid crystal shown in drawing 4 (A) and (B).

[0043] Moreover, the experiment of the more than explained with reference to drawing 6 or subsequent ones is performing no addition of chiral material currently generally performed with the usual TN mode liquid crystal display to the liquid crystal layer 12 which constitutes a liquid crystal display 20. Drawing 37 shows the permeability which the liquid crystal display 20 of drawing 6  $R > 6$  at the time of using the Merck Japan liquid crystal MX941296 ( $\delta n = 0.082$ ,  $\delta \epsilon = -4.6$ ) as liquid crystal, and using G1220DU of NITTO DENKO as a polarizing plate shows in a black display mode about the case where a polar angle is changed from 0 degree to 80 degrees in a 90-degree azimuth. However, thickness  $d$  of the liquid crystal layer 12 could be 3.5 micrometers. In this case, retardation  $\delta n \cdot d$  which the liquid crystal layer 12 forms is set to 287nm.

[0044] The permeability in a black display mode can be minimized by setting retardation value  $R'$  of phase contrast compensation film 14A as about 287nm equal to the retardation of the liquid crystal layer 12 so that drawing 37 may show. The same relation is equally materialized also to VA mode liquid crystal display using the forward dielectric constant anisotropy liquid crystal shown in drawing 5 (A) and (B) also as opposed to VA



mode liquid crystal display using the negative dielectric constant anisotropy liquid crystal shown in drawing 4 (A) and (B).

[0045] The artificer of this invention considered further the effect which addition of chiral material has on a viewing-angle property in VA mode liquid crystal display. Although the effectiveness of the chiral material to a viewing-angle property does not show up notably in the liquid crystal display in VA mode since abbreviation perpendicular orientation of the liquid crystal molecule is carried out in the state of un-driving [ which does not impress driver voltage ] as roughly shown in drawing 38 (A), the liquid-crystal molecule shown in drawing 38 (B) is considered that a certain effectiveness by regulation of the chiral pitch by chiral material shows up in the drive condition which carries out level orientation. In the condition of drawing 38 (B), a liquid crystal molecule is twisted by chiral material on the uniform twist square decided by the chiral pitch  $p$  of chiral material, and thickness  $d$  of a liquid crystal layer in the thickness direction of a liquid crystal layer. On the other hand, in not adding chiral material, as shown in drawing 39 (A), since the regulation of the chiral pitch according [ in / but / a drive condition ] to chiral material as the case of drawing 38 (A) which added chiral material with the same orientation of the liquid crystal molecule in the condition of not driving does not exist, the twist of a liquid crystal molecule becomes an ununiformity. That is, although the twist of a liquid crystal molecule is produced near the molecular orientation film currently supported by the vertical substrate, respectively as shown in drawing 39 (B), in the field (the field C in drawing 39 (B)) of the thickness direction Kaminaka center section of the liquid crystal layer 12, the twist of a liquid crystal molecule is hardly produced.

[0046] The viewing-angle property at the time of adding chiral material and setting a  $d/p$  ratio to 0.25 about the case where drawing 40 set thickness  $d$  of the liquid crystal layer 12 to 3 micrometers in the liquid crystal display 20 of drawing 6 , and the twist angle of a liquid crystal molecule is further made into 90 degrees, is shown. It turns out that ten or more fields are decreasing in number [ the contrast ratio ] as compared with drawing 34 which shows a viewing-angle property when the viewing-angle property of drawing 40 does not add chiral material in the liquid crystal display of the same configuration. That is, in the liquid crystal display in VA mode, it comes to a conclusion also from the point of a viewing-angle property that it is desirable not to add chiral material.

[0047] Similarly drawing 40 and 41 show the brightness property of R [ to the direction of a liquid crystal panel transverse plane of the liquid crystal display 20 at the time of making the twist angle of 3 micrometers and a liquid crystal molecule into 90 degrees for thickness  $d$  of the liquid crystal layer 12 ], G, and B each color. However, the case where drawing 41 does not add chiral material when drawing 41 adds chiral material is shown. Clearly, by adding chiral material shows that the brightness of a liquid crystal display falls. When chiral material is not added to the twist of a uniform liquid crystal molecule arising as a drive condition is shown in drawing 38 (B) when chiral material is added, as this shows drawing 39 (B), in the drive condition of a liquid crystal display, the field C which a liquid crystal molecule does not twist is formed, and it is thought in this field C that a light beam is for changing plane of polarization efficiently. That is, in the liquid crystal display in VA mode, it comes to a conclusion also from the point of a brightness property that it is desirable not to add chiral material. The same conclusion is equally applied also to VA mode liquid crystal display using the forward dielectric constant anisotropy liquid crystal shown in drawing 5 (A) and (B) also as opposed to VA mode liquid crystal display using the negative dielectric constant anisotropy liquid crystal shown in drawing 4 (A) and (B).

[0048] Further, in the liquid crystal display 20 of drawing 6 , the artificer of this invention changed the pre tilt angle of a liquid crystal molecule, and investigated change of a viewing-angle property. The result is shown in drawing 43 -47. However, the case where drawing 46 sets a pre tilt angle as 75 degrees when drawing 45 sets a pre tilt angle as 80 degrees for the case where drawing 44 sets a pre tilt angle as 85 degrees for the case where drawing 43 sets a pre tilt angle as 89.99 degrees is shown. Furthermore, drawing 47 shows the viewing-angle property of standard TN mode liquid crystal display.

[0049] An angle of visibility also decreases as a pre tilt angle decreases to the largest angle of visibility being realized with reference to drawing 43 -47 in the case of drawing 43 from which the pre tilt angle is 90 degrees substantially, and when the pre tilt angle shown in drawing 46 is 75 degrees, it will become equivalent to the angle of visibility of standard TN mode liquid crystal display shown in drawing 47 . It is desirable to set more preferably 75 degrees or more of 87 degrees or more of pre tilt angles of a liquid crystal molecule as 89 degrees or more in the liquid crystal display in VA mode from this. The above result is equally materialized also to VA mode liquid crystal display using the forward dielectric constant anisotropy liquid crystal shown in drawing 5

(A) and (B) also as opposed to VA mode liquid crystal display using the negative dielectric constant anisotropy liquid crystal shown in drawing 4 (A) and (B).

[0050]

[Embodiment of the Invention] [Example 1] drawing 48 is the sectional view showing the configuration of the liquid crystal display 30 by the 1st example of this invention. Glass substrate 31A which supports orientation film 31a which performed transparent electrode 31a' and rubbing processing which consist of ITO with reference to drawing 48, Glass substrate 31B which supports orientation film 31b which similarly performed ITO electrode 31b' and same rubbing processing uses polymer ball 31C as a spacer. It doubles with sense to which the orientation film 31a and 31b counters mutually, a seal is carried out by the sealant (not shown), and a liquid crystal panel is formed. Furthermore, in the space formed by said orientation film 31a and 31b in said liquid crystal panel, the liquid crystal MJ941296 ( $\Delta n=0.0804$ ,  $\Delta \epsilon=-4$ ) which has a forward or negative dielectric constant anisotropy, for example, the Merck Japan liquid crystal, is enclosed by the vacuum pouring-in method, and the liquid crystal layer 32 is formed. With this configuration, the thickness d of the liquid crystal layer 32, i.e., cell thickness, is determined by the path of spacer ball 31C of a polymer.

[0051] furthermore, the phase contrast compensation films 33A and 33B arrange in each upper and lower sides of the liquid crystal panel formed by doing in this way -- having -- moreover -- the phase contrast compensation film 33A bottom -- polarizer 34A -- moreover, analyzer 34B is formed in bearing on the basis of a twist center line as shown previously at drawing 1 or drawing 6 R> 6 at the phase contrast compensation film 33B bottom. That is, in the configuration of drawing 6, the liquid crystal display of drawing 48 corresponds, when the 2nd phase contrast compensation film is prepared between a liquid crystal panel 11 and analyzer 13B.

[0052]

[Table 1]

パネルNo	セル厚 d ( $\mu\text{m}$ )	測定温度 25℃						
		Ton (ms)	Toff (ms)	視角範囲 CR $\geq$ (°)				av.
0M480	3.75	13.56	9.04	41	54	48	54	49.25
0M482	3.00	8.79	5.71	42	58	52	58	52.50
0M484	2.60	7.81	4.45	42	60	52	60	53.50

Table 1 shows the evaluation result in 25-degreeC of the operating characteristic of each liquid crystal display at the time of changing thickness d of the liquid crystal layer 32 variously, and a viewing-angle property in the liquid crystal display 30 which set the twist angle as 45 degrees. However, the result at the time of using the perpendicular orientation material RN 783 made from the Nissan chemistry as orientation film 31a and 31b, and using the NITTO DENKO G1220DU polarizing plate, or the Sumitomo Chemical SK-1832AP7 polarizing plate as polarizing plates 34A and 34B is shown in Table 1. Moreover, although the phase contrast compensation films 33A and 33B shown in drawing 48 are omitted in the liquid crystal display of Table 1, a certain amount of [ the protection film of a polarizing plate ] retardation compensation is performed. For example, the protection film which the protection film which accompanies said G1220DU polarizing plate shows the negative retardation whose magnitude is about 44nm, and accompanies said SK-1832AP7 polarizing plate shows the negative retardation whose magnitude is about 50nm. Moreover, no chiral material is added in the liquid crystal layer 32.

[0053] With reference to Table 1, thickness d of the liquid crystal layer 32 follows on decreasing, and they are build up time Ton and the falling time amount Toff. It turns out that it decreases and the speed of response of a liquid crystal display is improved. Moreover, thickness d of said liquid crystal layer follows on decreasing, and the viewing-angle range which gives ten or more contrast ratios increases. However, in order for brightness to fall if the thickness of a liquid crystal layer decreases as explained also in advance, it is necessary to set up the thickness of the liquid crystal layer 32, as explained previously so that it may be restored to the range whose retardation  $\Delta n \cdot d$  is about 80 - 400nm of abbreviation.

[0054] Generally the polarizing plate protection film which has said negative retardation (about 44 or 50nm) consists of a triacetate cellulose (TAC), and is called a TAC film. Since the retardation is very small, since an optical property is hardly influenced, this TAC film is widely used as a protection film of a polarizing plate in conventional TN or a conventional STN liquid crystal display with common TN or a common STN liquid



crystal display. A typical TAC film has the 5-15nm forward retardation R in a field, and has negative 38-50nm retardation R' in the thickness direction. Moreover, the magnitude of Retardation R and R' can be changed by changing the thickness of a film.

[0055] However, the artificer of this invention found out that the viewing-angle property of a liquid crystal display could be raised further with the liquid crystal display in VA mode this time by that a viewing-angle property or a contrast ratio is affected also for few retardations of such a TAC film therefore that the retardation of a TAC film needs to be optimized, and optimization that starts further. However, the TAC film of a polarizing plate outside does not change the optical property of a liquid crystal display.

[0056] In conventional TN or a conventional STN mode liquid crystal display, it has been arranged so that a TAC film may become parallel to the absorption shaft of the polarizing plate with which the lagging axis adjoins, but in this invention, it became clear that it is desirable to arrange a TAC film so that it may intersect perpendicularly with the absorption shaft of the polarizing plate with which the lagging axis adjoins so that the back might be explained. In such a case, the effectual retardation of a phase contrast compensation film serves as a value which lengthened the forward retardation of a TAC film from the forward retardation of a phase contrast compensation film. Therefore, to use the standard polarizing plate which has such a TAC film, only the part of the retardation of the TAC film of two sheets with which the liquid crystal panel was arranged up and down needs to enlarge the retardation of a phase contrast compensation film beforehand rather than a theoretical optimum value. On the contrary, in arranging a TAC film in parallel with the absorption shaft of the polarizing plate with which the lagging axis adjoins, the effectual retardation of a phase contrast compensation film increases only that for two TAC films. For this reason, only the part of the forward retardation for two TAC films needs to make small beforehand the retardation of phase contrast compensation film \*\* to a theoretical optimum value.

[0057] Drawing 49 (A) and (B) show a viewing-angle property when cel thickness d is made to 3 micrometers and they make a twist angle 45 degrees in the liquid crystal display of the configuration of drawing 48. However, in the example of drawing 49, chiral material is not added, and said MJ941296 is used for liquid crystal, and it uses G1220DU for the polarizing plate. However, the result of drawing 49 (A) and (B) is the thing of an about when polarizing plates 34A and 34B make the phase contrast compensation films 33B and 34B serve a double purpose.

[0058] Among drawing 49 (A), although a contrast ratio is white and shows ten or more fields, a white field is very large and it turns out that the very large viewing-angle property is acquired. moreover, drawing 49 (B) shows -- as -- this liquid crystal display -- the direction of a transverse plane -- setting -- 2000 -- it is obtained in a near contrast ratio. Drawing 50 (A) and (B) show the viewing-angle property at the time of using a commercial phase contrast compensation film (Sumitomo Chemical VAC0) as phase contrast compensation films 33A and 33B in the liquid crystal display of drawing 48. However, since a liquid crystal panel has 241nm retardation value  $\delta n \cdot d$ , it has set the magnitude of sum total retardation value R' of polarizing plates 34A and 34B and the phase contrast compensation films 33A and 33B as said 218nm near 241nm.

[0059] As drawing 50 (A) shows, it turns out that it amounts to 4000 as the angle-of-visibility field where a contrast ratio exceeds 10 in this case is further expanded rather than the case of drawing 49 (A) and the contrast ratio of the direction of a panel transverse plane is also shown in drawing 50 (B). Although the viewing-angle property explained deteriorating in conventional TN mode liquid crystal display extent with VA mode liquid crystal display previously when the pre tilt angle became 75 degrees or less in relation to drawing 43 -47 With the configuration of a liquid crystal layer 32 like drawing 48 which has the phase contrast compensation films 34A and 34B up and down, as a pre tilt angle shows 75 degrees to drawing 51, the field which gives a contrast ratio 10 (CR=10) becomes large, and the viewing-angle property which can be satisfied as a liquid crystal display is acquired. However, the thickness of the liquid crystal layer 32 is the thing of an about when 3 micrometers and a twist angle are [ 45 degrees and the pre tilt angle of drawing 51 ] 75 degrees.

The liquid crystal display by [an example 2], next the 2nd example of this invention is explained.

[0060] In this example, same MX95785 ( $\delta n=0.0813$ ,  $\delta \epsilon=-4.6$ ) by Merck Co. is used instead of MJ941296 of the point as liquid crystal in the liquid crystal display which has the configuration of drawing 48. Since other configurations are the same as the equipment of drawing 48, the explanation about the configuration of equipment is omitted. Drawing 52 shows the standup property of the liquid crystal display by this example at the time of setting cel thickness d of the liquid crystal layer 32 to 3 micrometers about the case

where a twist angle is made into 0 degree, 45 degrees, and 90 degrees. In this example, chiral material is not added in the liquid crystal layer 32. As drawing 52 shows, it turns out [ applied voltage is before or after 10ms in the range which is 4-8V, and build up time TON excelled / things / in the liquid crystal display very much except for the case where a twist angle is 0 degree ] that it starts and has a property. On the other hand, generally in the liquid crystal display in TN mode, build up time TON is 20ms or more.

[0061] Drawing 53 shows the falling property of the liquid crystal display by this example at the time of similarly setting cel thickness d to 3 micrometers about the case where a twist angle is made into 0 degree, 45 degrees, and 90 degrees. In this example, chiral material is not added in the liquid crystal layer 32. It is the falling time amount TOFF so that drawing 53 may show. Also in which twist angle, it is before or after 5ms, and it turns out [ the liquid crystal display was very excellent in ] that it falls and has a property. On the other hand, with the liquid crystal display in TN mode, it is the falling time amount TOFF. Generally it is 40ms or more.

[0062]

[Table 2]

VAC+TAC リターション R' (nm)	測定温度 25℃										
	視角範囲 CR <sub>≥</sub> (°)					11階調反転角度 (°)					
	0°	90°	180°	-90°	av.	0°	45°	90°	135°	180°	av.
88	43	60	52	61	54	40	40	50	60	38	46
185	42	70	57	66	59	30	40	70	66	38	49
282	38	58	52	58	52	26	44	70	70	38	50

液晶層の  $\Delta n d = 246 \text{ nm}$

Table 2 shows change of the viewing-angle range which gives the viewing-angle property at the time of changing the total value of negative retardation R' which polarizing plates 34A and 34B and the phase contrast compensation films 33A and 33B form, especially a contrast ratio 10, and 11 tone-reversal include angle in the liquid crystal display by this example. 11 tone-reversal include angle expresses the direction of a polar angle which is mutually reversed, and is in sight, when 11 gradation performs halftone in the direction of a transverse plane of a liquid crystal panel. [ of the brightness of the gradation which constitutes this halftone ] If such tone reversal arises, a display will be crushed and it will become hard to see. For this reason, a tone reversal include angle is so desirable that it is large. However, in this example, retardation  $\Delta n d$  of the liquid crystal layer 32 is forward, and has the value of 246nm. It turns out that an angle of visibility expands the total value of retardation R' in which the phase contrast compensation films 33A and 33B and polarizing plates 34A and 34B form Table 2 in an azimuth (90 degrees, -90 degrees, and 180 degrees) by carrying out a setup soon at retardation  $\Delta n d$  of the liquid crystal layer 32.

[0063]

[Table 3]

ツイスト角 (°)	測定温度 25℃										
	視角範囲 CR <sub>≥</sub> (°)					11階調反転角度 (°)					
	0°	90°	180°	-90°	av.	0°	45°	90°	135°	180°	av.
0	44	60	49	60	53	40	40	52	60	38	46
45	43	60	52	61	54	40	40	50	60	38	46
90	41	59	50	60	53	40	40	54	64	32	46

注) VAC無し、G1220DU偏光板 (R' = 88 nm)

Table 3 shows change of the viewing-angle property at the time of changing a twist angle, and 11 tone-reversal include angle in this example. The result of Table 3 shows that the viewing-angle dependency by the twist angle does not exist substantially. However, it is the thing of an about, when the phase contrast compensation films 33A and 33B do not establish the result of Table 3 but only the phase contrast compensation (R'=88nm) of polarizing plates 34A and 34B exists.

[Example 3] drawing 54 shows the configuration of the liquid crystal display 40 by the 3rd example of this invention. However, the same reference mark is given to the part explained previously among drawing 54, and

explanation is omitted.

[0064] Although a liquid crystal display 40 has the liquid crystal display 30 explained to drawing 46, and a similar configuration with reference to drawing 54 Instead of having-negative retardation of drawing 48 phase contrast compensation film 33B 1st phase contrast compensation film (33B) 1 which has a forward retardation 2nd phase contrast compensation film (33B) 2 which has a negative retardation Said forward phase contrast compensation film 1 (33B) Negative phase contrast compensation film 2 near the liquid crystal panel 31 again (33B) It differs at the point arranged in the outside. Phase contrast compensation film 2 (33B) It is the phase contrast compensation film (33B) 1 to having an optical axis perpendicular to the principal plane of a liquid crystal panel 31. It has an optical axis parallel to the principal plane of a liquid crystal panel 31.

[0065] Drawing 55 shows the permeability of the black display condition (at the time of un-driving) over various polar angles when thickness  $d$  of the liquid crystal layer 32 is made to 3.5 micrometers and it makes a twist angle 45 degrees in the liquid crystal display 40 of drawing 54. However, it sets to drawing 55 and is the forward phase contrast compensation film (33B) 1. A retardation is set to 100nm and the optical axial angle  $\theta$  is changed variously. The optical axial angle  $\theta$  is [ as opposed to / as shown in drawing 54 / a twist medial axis ] the phase contrast compensation film (33B) 1. It defines as an include angle which an optical axis makes. It is the negative phase contrast compensation film (33B) 2 in that case. The permeability with which a retardation value spreads abbreviation etc. on retardation  $\delta \tan d$  of said liquid crystal panel 31 and which has set up and was illustrated is a thing about the direction of 90-degree azimuth.

[0066] With reference to drawing 55, also in which polar angle, when the optical axial angle  $\theta$  is about 45 degrees, it turns out that the permeability of a black display condition becomes min. Thus, improvement in a viewing-angle property is realizable by minimizing the permeability of a black display about all viewing angles. In drawing 55, when polar angles are 0 degree and 20 degrees, also in about 135-degree optical axial angle, the permeability of a black display condition becomes min, but since a polar angle becomes [ permeability ] large in 40 degrees or more in this case, an improvement of a desirable viewing-angle property is not brought about.

[0067] It sets to the liquid crystal display 40 of drawing 54, and drawing 56 is the forward phase contrast compensation film (33B) 1. The permeability of the black display condition at the time of changing a retardation is shown about various polar angles. However, also in the case of drawing 56, the azimuth is made into 90 degrees. It is the forward phase contrast compensation film (33B) 1 for referring to drawing 56. By setting a retardation value as the range of 20-60nm, the permeability in a black display condition can be minimized about all polar angles. In this case, permeability is less than 0.002.

[0068] Drawing 57 shows the viewing-angle property of the liquid crystal display 40 of drawing 54. However, phase contrast compensation film 1 forward in the property of drawing 57 (33B) They are 25nm and the negative phase contrast compensation film (33B) 2 about Retardation  $R$ . Retardation  $R'$  is set to 240nm. Moreover, thickness of 45 degrees and the liquid crystal layer 32 is set to 3 micrometers for the twist angle of a liquid crystal molecule. A very large angle of visibility is obtained by using combining a forward and negative phase contrast compensation film so that drawing 57 may show.

[0069] On the other hand, when sequence is reversed and the same forward and negative phase contrast compensation film is arranged, the viewing-angle property of a liquid crystal display 40 will narrow remarkably like drawing 58. When combining a forward and negative phase contrast compensation film in a liquid crystal display 40 from this, the physical relationship is important, and it is the negative phase contrast compensation film (33B) 2. Forward phase contrast compensation film 1 (33B) It turns out that it is necessary to arrange outside.

[0070] Furthermore, drawing 59 shows the viewing-angle property at the time of omitting a phase contrast compensation film in the liquid crystal display 40 of drawing 54. A viewing-angle property will narrow very much in this case so that drawing 59 may show.

[Example 4] drawing 60 is another negative phase contrast compensation film (33A) 2 which has a negative retardation also between bottom polarizing plate 34A and a liquid crystal panel 31 in the liquid crystal display 40 of drawing 54 further. The liquid crystal display 50 of a configuration of having arranged is shown.

[0071] It sets to said liquid crystal display 40, and drawing 61 is said another negative phase contrast compensation film and said another negative phase contrast compensation film (33B) 2. It is said forward phase contrast compensation film (33B) 1 about the transmission in the black display condition at the time of setting up that abbreviation etc. spreads a total retardation value on the retardation value of said liquid crystal panel 31.

It is shown as a function of a retardation value.

[0072] Transmission [ in / so that drawing 61 may show / by this configuration / a black display condition ] is the phase contrast compensation film (33B) 1. It becomes min when a retardation is in the range which is 50-60nm. Namely, this phase contrast compensation film 1 (33B) In order to be effective, it is the phase contrast compensation film (33B) 1. It is necessary to set a retardation value as about 100nm or less.

[0073] It sets to the liquid crystal display 50 of drawing 60 , and drawing 62 is said phase contrast compensation film (33B) 1. A retardation value is fixed to 30nm and it is the negative phase contrast compensation film (33B) 2 and 2 (33A). The permeability in the black display condition at the time of changing retardation value R' is shown. However, like the case of the point, permeability is a thing to the direction of 90-degree azimuth, and is changing the value of a polar angle variously.

[0074] It is the phase contrast compensation film (33B) 2 that transmission serves as min so that drawing 62 may show. Although it is the case where the value of negative retardation R' to form is about 250nm, this optimum value is somewhat smaller than the value of retardation  $\delta n \cdot d$  of the liquid crystal layer 32. As explained also in advance, it is the forward phase contrast compensation film (33B) 1. When not preparing, it is the phase contrast compensation film (33B) 1. The optimal retardation value is equal to retardation value  $\delta n \cdot d$  of the liquid crystal layer 32. Namely, said negative phase contrast compensation film (33B) 2 and 2 (33A) It is the forward phase contrast compensation film (33B) 1 moreover. When using, it is the negative phase contrast compensation film (33B) 2. It is necessary to set up an optimum value small somewhat rather than retardation value  $\delta n \cdot d$  of the liquid crystal layer 32. Anyway, sum total retardation value R' of a negative phase contrast compensation film is the phase contrast compensation film (32B) 2. Even when using, and also even when using another negative phase contrast compensation film, it is necessary to set it as 2 double less or equal of retardation value  $\delta n \cdot d$  of the liquid crystal layer 32.

[0075] Drawing 63 shows the viewing-angle property of the liquid crystal display 50 of drawing 60 . It turns out that the area of ten or more fields is expanded by the contrast ratio as compared with the result of drawing 19 which shows the viewing-angle property of corresponding at the time of using only a negative phase contrast compensation film.

[Example 5] drawing 64 shows the configuration of liquid crystal display 50' by the 5th example of this invention. However, a corresponding reference mark is given to the part previously explained among drawing 64 , and explanation is omitted.

[0076] Liquid crystal display 50' is said liquid crystal panel 31 and said negative phase contrast compensation film (33A) 2 for referring to drawing 64 . In between, it is the forward phase contrast compensation film (33A) 1. The outstanding angle-of-visibility property which comes to arrange and is shown in drawing 65 is acquired.

[Example 6] drawing 66 shows the configuration of the liquid crystal display 60 by the 6th example of this invention. However, a corresponding reference mark is given to the part previously explained among drawing 66 , and explanation is omitted.

[0077] drawing 66 -- referring to -- this example -- setting -- previously -- having explained -- a liquid crystal display -- 50 -- 50 -- ' -- setting -- forward -- phase contrast -- compensation -- a film (33B) -- one -- negative -- phase contrast -- compensation -- a film (33B) -- two -- preparing -- instead of -- being single -- biaxial -- a sex - phase contrast -- compensation -- a film -- 33 -- B -- ' -- between a liquid crystal panel 31 and polarizing plate 34B -- inserting . phase contrast compensation film 33B' -- optical biaxial nature -- having -- the refractive index  $n_X$  to each direction of x, and y and z,  $n_Y$ , and  $n_Z$  \*\*\*\*\* --  $n_X > n_Y > n_Z$  Or  $n_Y > n_X > n_Z$  is materialized. This biaxial nature phase contrast compensation film is well-known, for example, what is indicated by JP,59-189325,A may be used.

[0078] The retardation which this biaxial nature phase contrast compensation film 33B' forms is given by formula  $R = |n_X - n_Y| \cdot d$  about field inboard, and is given in the direction (the thickness direction) perpendicular to a liquid crystal panel 32 by formula  $R' = \{(n_X + n_Y) / 2 - n_Z\} \cdot d$ . In this example, the optimal result is obtained by setting up equally to retardation  $\delta n \cdot d$  of the liquid crystal layer 32 the retardation of 120nm or less and the thickness direction for the retardation value within a field. However, in the example of drawing 66 , phase contrast compensation film 33B' is arranged so that the lagging axis within the field may turn into an absorption shaft of polarizing plate 34B to abbreviation parallel. The lagging axis within a field is  $n_X > n_Y > n_Z$ . When relation is materialized, to a x axis, it is  $n_Y > n_X > n_Z$  again. When materialized, it is in agreement with the y-axis.

[0079] It sets to the liquid crystal display 60 of drawing 66, and drawing 67 is the lagging axis nx within a field of said biaxial nature phase contrast compensation film 33B'. The permeability in the black display mode at the time of changing an azimuth is shown. Biaxial nature phase contrast film 33B' is the lagging axis nx within said field so that drawing 67 may show. The permeability in a black display mode can be made into min by arranging so that about 45 degrees or 135 degrees, i.e., the adjoining absorption shaft of polarizing plate 34B, and Azimuth theta may cross at right angles, or so that it may extend in parallel. By setting said azimuth theta as about 45 degrees especially, the polar angle of all the range to 80 degrees - 0 degree can be covered, and the permeability in a black display mode can be inhibited to 0.2% or less.

[0080] Drawing 68 shows the permeability in the black display mode at the time of changing the thickness of said biaxial nature phase contrast compensation film 33B' in the liquid crystal display 60 of drawing 66. Although permeability becomes min in the place whose thickness is about 130 micrometers so that drawing 68 may show, said biaxial nature phase contrast film 33B' produces the 240nm retardation R or R' in 39nm and the thickness direction in a field in this thickness. If the above-mentioned result is generalized, in the liquid crystal display 60 of drawing 66, the permeability in a black display mode can be minimized by setting retardation R' 120nm or less of the range of 20-60nm, and the thickness direction as 2 double less or equal of retardation  $\delta n \cdot d$  of the liquid crystal layer 32 for the retardation R within a field preferably.

[0081] Drawing 69 shows the viewing-angle property of the liquid crystal display 60 of drawing 66. However, in drawing 69, they may be  $n_x = 1.502$ ,  $n_y = 1.5017$ ,  $n_z = 1.5$ , and  $d = 120\text{nm}$ .  $d$  is the thickness of the liquid crystal layer 32. A liquid crystal display 60 shows the outstanding viewing-angle property so that drawing 69 may show. As the above-mentioned biaxial nature phase contrast film, the phase contrast film (for example, Sumitomo Chemical VAC film) which carried out biaxial extension of the polycarbonate, the TAC film used as the protection film of a polarizing plate can be used.

[Example 7] drawing 70 shows the configuration of the liquid crystal display 70 by the 7th example of this invention. However, the same reference mark is given to the part previously explained among drawing 70, and explanation is omitted.

[0082] With reference to drawing 70, by this example, besides said phase contrast compensation film 33B' Optical biaxial nature phase contrast compensation film 33A' is arranged also between a liquid crystal panel 31 and polarizer 34A. In that case, the lagging axis of film 33A' arranges phase contrast compensation film 33B' and 33A' so that it may intersect perpendicularly with the absorption shaft of an adjoining polarizer, so that the absorption shaft of an adjoining analyzer and the lagging axis of film 33B' may cross at right angles substantially.

[0083] Drawing 71 shows the viewing-angle property of a liquid crystal display 70. A liquid crystal display 70 gives the outstanding viewing-angle property so that drawing 71 may show.

[Example 8] drawing 72 shows the configuration of the liquid crystal display 80 by the 8th example of this invention. However, the same reference mark is given to the part previously explained among drawing 72, and explanation is omitted. With reference to drawing 72, it sets to the liquid crystal display 80 of drawing 54, and a liquid crystal display 80 is the phase contrast compensation film (33B) 2. It is the abridged thing.

[0084] Drawing 73 is the forward phase contrast compensation film (33B) 1 about the permeability in the black display mode of a liquid crystal display 80. It is a film (33B) 1, making it rotate. nx It asks changing the azimuth of a shaft. When nx is in physical relationship (about 45 degrees or about 135 degrees) to a twist medial axis, the permeability of the liquid crystal panel in a black display mode becomes min so that drawing 73 may show. Among these, since permeability serves as min to all the polar angles of the range of 0 degree - 80 degrees especially in a 45-degree azimuth, it is the most desirable.

[0085] Drawing 74 is said forward phase contrast compensation film (33B) 1 about the permeability in the black display mode of a liquid crystal display 80. It is shown as a function of thickness. With reference to drawing 74, the permeability in the black display mode of a liquid crystal display 80 is said phase contrast compensation film (33B) 1. It turns out that it becomes min at the time of the thickness which is 140-150 micrometers. Phase contrast compensation film 1 (33B) The retardation R within a field goes into the range which is 140-160 micrometers, when thickness is 140-150 micrometers. That is, it sets to a liquid crystal display 80, and is the forward phase contrast compensation film (33B) 1. When using, it is a film (33B) 1. As for the retardation within a field, it is desirable that it is less than 300nm.

[0086] Drawing 75 shows drawing 73 and the viewing-angle property of the liquid crystal display 80 optimized



according to 74. When not preparing the phase contrast compensation film shown in drawing 59, the viewing-angle property of a liquid crystal display 80 is improving remarkably, so that drawing 75 may show.

[Example 9] drawing 76 shows the configuration of the liquid crystal display 90 by the 9th example of this invention.

[0087] With reference to drawing 76, a liquid crystal display 90 is the forward phase contrast compensation film (33A) 1 shown in said liquid crystal display 80 at liquid crystal display 50' of drawing 64. It has the added configuration. However, phase contrast compensation film 1 (33B) Lagging axis nx within a field It is the phase contrast compensation film (33A) 1 so that it may intersect perpendicularly with the absorption shaft of adjoining analyzer 34B. Lagging axis nx within a field It is arranged so that it may intersect perpendicularly with the absorption shaft of adjoining polarizer 34A.

[0088] Drawing 77 shows the viewing-angle property of a liquid crystal display 90. With reference to drawing 77, the viewing-angle property of a liquid crystal display 90 improves greatly as compared with the viewing-angle property at the time of not preparing the phase contrast compensation film shown in drawing 59.

[Example 10] drawing 78 shows the configuration of the liquid crystal display 100 by the 10th example of this invention.

[0089] Although a liquid crystal display 100 has the same configuration as the liquid crystal display 90 explained previously with reference to drawing 78 Phase contrast compensation film 1 (33B) Lagging axis nx within a field So that the adjoining absorption shaft of analyzer 34B and the include angle of 45 degrees may be made Moreover, phase contrast compensation film 1 (33A) Lagging axis nx within a field The points arranged so that it might become about the adjoining absorption shaft of polarizer 34A and the include angle of 45 degrees differ.

[0090] Drawing 79 is the viewing-angle property of a liquid crystal display 100 The phase contrast compensation film (33A) 1 and 1 (33B) The case where the retardation value R is set to 75nm, respectively is shown. If the viewing-angle property of a liquid crystal display 100 compares the viewing-angle property at the time of not preparing the phase contrast compensation film shown in drawing 59 so that drawing 79 may show, although the improvement is carried out, compared with the thing of other examples, it is somewhat inferior.

[Example 11] drawing 80 shows the configuration of the liquid crystal display 110 of the active-matrix drive method by the 11th example of this invention.

[0091] TFT(31a') TFT which drives two or more transparence pixel electrodes (31a') PIXEL and this on glass substrate 31A or 31B in the configuration of drawing 80 in this example corresponding to the pixel formed in the liquid crystal panel It is formed. Namely, said transparence pixel electrode (31a') PIXEL and TFT(31a') TFT It corresponds to electrode 31a' or 31b' of drawing 48. Moreover, on said substrate 31A or 31B, the data bus DATA which supplies a driving signal to TFT by which the matrix array was carried out, and the address bus ADDR which activates this extend.

[0092] Merck Japan MJ95785 is used for drawing 81 for the viewing-angle property of a liquid crystal display 110 as liquid crystal, and it shows the case where thickness of a liquid crystal layer is set to 3 micrometers. In this case, retardation  $\Delta n \cdot d$  of 45 degrees and the liquid crystal layer 32 is set to 241nm, and the twist angle of a liquid crystal molecule is using the Nissan chemical property RN783 as molecular orientation film 31a and 31b (refer to drawing 48). The active-matrix drive liquid crystal display which has the very large viewing-angle range is obtained so that drawing 61 may show.

In each example explained beyond [the example 12], as shown in drawing 82 (A) - (C), the so-called single domain molecular orientation configuration with the uniform molecular orientation of liquid crystal was used by each pixel. However, the sectional view where drawing 82 (A) met the top view of the field for 1 pixel of a liquid crystal display, and drawing 82 (B) met line A-B in drawing 82 (A), and drawing 82 (C) show the configuration at the time of making the liquid crystal display of drawing 82 (B) carry out incidence of the incident light X and Y from two different directions, and have given the same reference mark to the part previously explained among drawing. Moreover, in drawing 82 (A), the direction of rubbing of molecular orientation film 31a where the arrow head of a dotted line was supported by bottom substrate 31A again in the direction of rubbing of molecular orientation film 31b where the arrow head of a continuous line was supported by top substrate 31B is shown. The direction of rubbing of molecular orientation film 31b and the direction of rubbing of molecular orientation film 31a are  $\alpha$  1. Although it crosses at an include angle, when setting the twist angle of a liquid crystal molecule as 45 degrees, it is said include angle  $\alpha$  1. It is set as the include

angle of 45 degrees.

[0093] Since the molecular orientation seen from the direction of incident light X differs from the molecular orientation seen from the direction of incident light Y in the drive condition in the liquid crystal display which has such a single domain molecular orientation configuration so that drawing 82 (C) may show, the fall of a substantial viewing-angle property is not avoided. On the other hand, drawing 83 (A) - (C) shows the configuration of the liquid crystal display 120 by the 12th example of this invention. However, the same reference mark is given to the part explained previously, and explanation is omitted.

[0094] Drawing 83 (A) With the configuration of - (C), as shown in drawing 83 (B), in each pixel, ultraviolet-rays reforming molecular orientation film 31a' and 31b' are formed so that some molecular orientation film deposits and 31b may be covered, respectively. This ultraviolet-rays reforming molecular orientation film deposits another molecular orientation film on it after rubbing of the molecular orientation film 31a and 31b, and after irradiating ultraviolet rays and changing molecular orientation to this, it should just form it by carrying out patterning so that it may leave only the part in each pixel.

[0095] In that case, as shown in the sectional view of drawing 83 (B), by forming said reforming molecular orientation film 31a' in the field of the space bottom of the top view of drawing 83 (A), and forming said reforming molecular orientation film 31b' in the field of a space top As shown in drawing 83 R> 3 (C), when incidence of the incident light X and Y is carried out from a different direction, the liquid crystal molecular orientation which light picks up also in said which direction becomes equivalent in the drive condition of a liquid crystal display, and the viewing-angle property of a liquid crystal display is improved further.

[0096] Drawing 84 (A) - (C) shows the example of a complete-change form of this example. With reference to drawing 84 (A), in this example, the direction of rubbing is changed in the field of a space top, and the field of the space bottom, and as shown in the sectional view of drawing 84 (B) as a result, molecular orientation differs in each pixel in a right-hand side field and a left-hand side field (it corresponds to the top field and bottom field of drawing 84 (A)). Consequently, as shown in drawing 84 (C), when incidence of the incident light X and Y is carried out from two different directions, in the direction of its it, the orientation of a liquid crystal molecule becomes equivalence like the case of drawing 83 (C), and its viewing-angle property of a liquid crystal display improves.

[0097] It sets to the liquid crystal display of the configuration of drawing 84 , and drawing 85 is an include angle  $\alpha 1$  and  $\alpha 2$ . A viewing-angle property when each sets thickness d of 45 degrees and the liquid crystal layer 32 to 3 micrometers is shown. However, a liquid crystal display uses MJ95785 of said Merck Japan as a liquid crystal layer 32 in drawing 85 , and chiral material is not added. That is, the liquid crystal layer 32 has the value of 287nm as retardation  $\Delta n \cdot d$  in this case, and a twist angle is set as 45 degrees. Moreover, it is the forward and negative phase contrast compensation film shown in drawing 64 The forward phase contrast compensation film (33A) 1 and 1 (33A) The sum total retardation value R has prepared [ sum total retardation value R' of 25nm and negative phase contrast compensation film (33B) 2 , ] so that it may be set to 160nm.

[0098] With reference to drawing 85 , by constituting a liquid crystal display in this way shows that the field in which a contrast ratio is less than 10 is limited very much, and the viewing-angle property which was very excellent is acquired. Although drawing 86 is as a result of the simulation of the viewing-angle property of the liquid crystal display of the same configuration, according to this, it turns out that a liquid crystal display can realize the further excellent viewing-angle property by optimization of each part material.

[0099] drawing 87 -- said the 1- the configuration of the direct viewing type liquid crystal display 130 constituted using the liquid crystal display indicated in each 12th example is shown. With reference to drawing 87 , the direct viewing type liquid crystal display 130 consists of a VA mode liquid crystal display 101 which may be any of said liquid crystal displays 10-120, and the surface light source 103 arranged back [ the ]. Two or more pixel fields 102 are formed by the liquid crystal display 101, and the back light emitted from said surface light source 103 is optically modulated to it. On the other hand, the surface light source 103 consists of the light source section 103 including the line light source of fluorescence tubing etc., and the optical diffusion section 104 which is made to diffuse the light emitted from said line light source, and illuminates the whole surface of said liquid crystal display 101 two-dimensional.

[0100] VA mode liquid crystal display by this invention previously explained in each example fits especially the direct viewing type liquid crystal display of a configuration as shown in drawing 87 in order to give a large



viewing-angle property especially. In each above example, although the liquid crystal which has a negative dielectric constant anisotropy was used for the liquid crystal layer 32, as this invention was explained also in advance, it is also possible to use the liquid crystal (the so-called p mold liquid crystal) which is not limited to the liquid crystal which has this negative dielectric constant anisotropy, and has a forward dielectric constant anisotropy. Moreover, although the positive/negative of a dielectric constant anisotropy itself is related to drawing 4 and the drive method shown in 5, since it is not related to the optical property explained after drawing 6, optimization of the liquid crystal layer and phase contrast compensation film which were explained previously is similarly materialized, even when the liquid crystal which has a forward dielectric constant anisotropy is used.

[0101] Moreover, it is the birefringence film which has a retardation 120nm or less in the example of drawing 54, 60, or 64 in this invention. The phase contrast compensation film (33A) 1 or (33B) 1 Although used by carrying out, it was difficult for such [ conventionally ] a birefringence to produce a very small phase contrast compensation film. On the other hand, paying attention to the resin which has norbornene structure in a principal chain being almost optically isotropic, the artificer of this invention uses this norbornene resin, and is said optimal phase contrast compensation film (33A) 1 and 1 (33B). It succeeded in producing.

[0102] As mentioned above, although this invention was explained about the desirable example, various deformation or modification are possible for this invention in the summary which it is not limited to this example and indicated to the claim.

[0103]

[Effect of the Invention] In the perpendicular orientation mold liquid crystal display which changes a condition from the condition of not driving to a drive condition by parallel electric field the liquid crystal layer by which the closure was carried out between the 1st and 2nd substrates according to the description of this invention according to claim 1 to 4 -- containing -- said liquid crystal layer -- abbreviation -- The 1st clearance between the 1st polarizing plate which adjoins said 1st substrate and this, At least to one side of the 2nd clearance between the 2nd polarizing plate which adjoins said 2nd substrate and this the refractive index  $n_x$  to each direction of x, and y and z,  $n_y$ , and  $n_z$  \*\*\*\*\* --  $n_x > n_y > n_z$  or it is set to  $n_y > n_x > n_z$  -- A large angle of visibility is realizable by arranging an optically biaxial phase contrast plate so that the lagging axis within the field of said phase contrast plate may serve as the absorption shaft of said polarizing plate, the abbreviation concurrency, or the abbreviation perpendicular arranged in the same side as said phase contrast plate to said liquid crystal layer.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

[Drawing 1]

本発明による液晶表示装置の基本的構成を説明する図

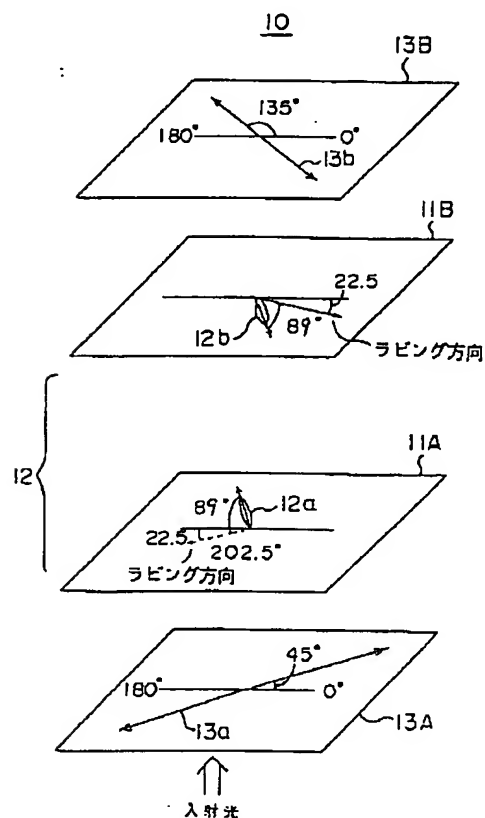
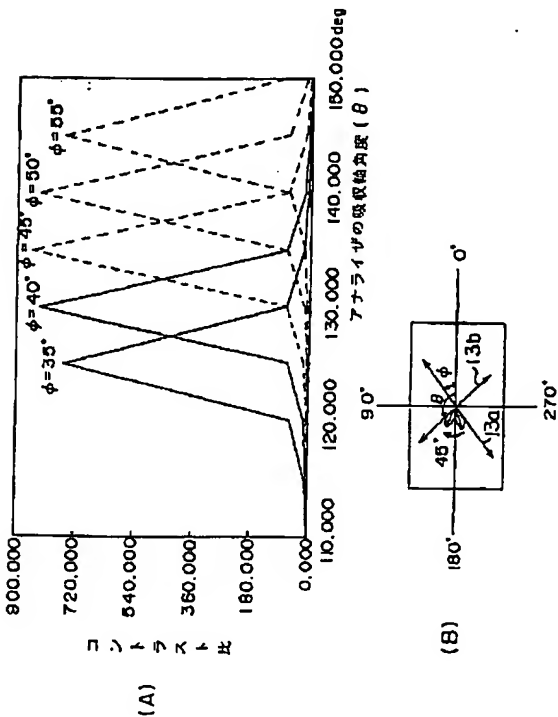
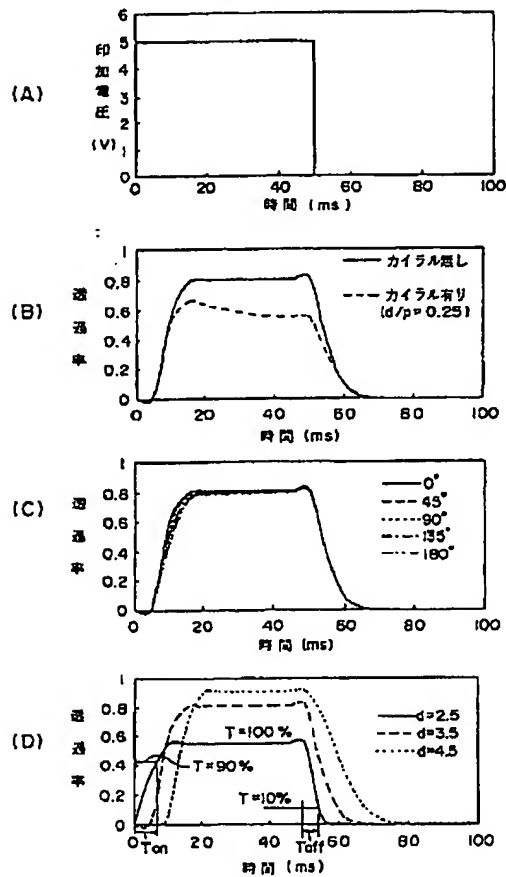
[Drawing 2]

図1の液晶表示装置のコントラスト比と、液晶パネルに対する  
ポラライザ、アナライザの方位との関係を示す図



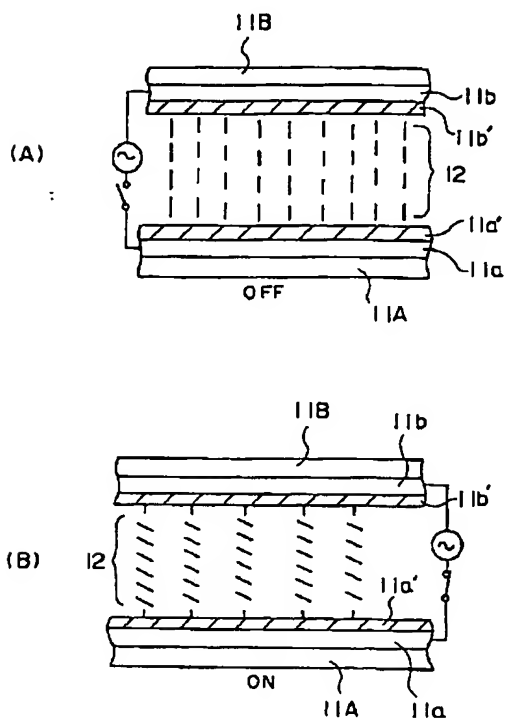
[Drawing 3]

図1の液晶表示装置の動作特性を示す図



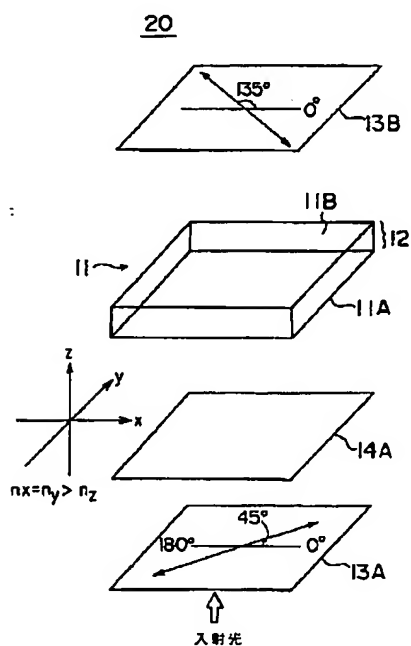
## [Drawing 4]

負の誘電率異方性を有する液晶を使った本発明のVAモード  
液晶表示装置の動作を説明する図



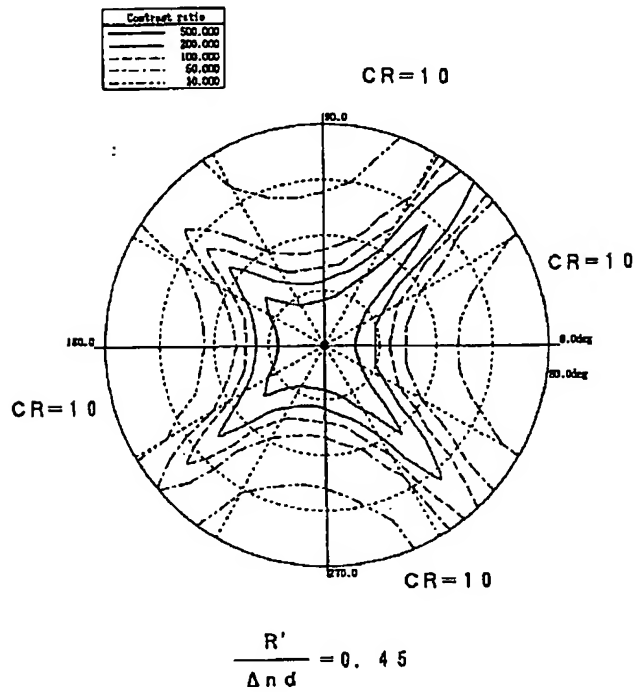
## [Drawing 6]

図1の液晶表示装置において、さらに位相差補償板を  
設けた構成を示す図



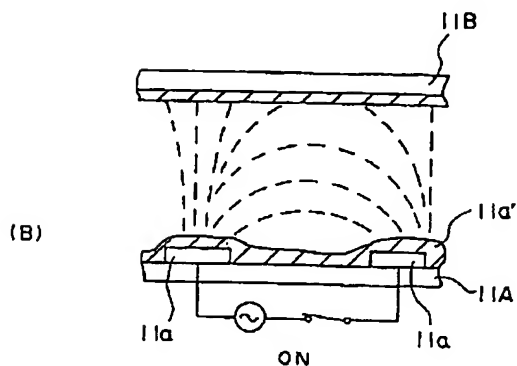
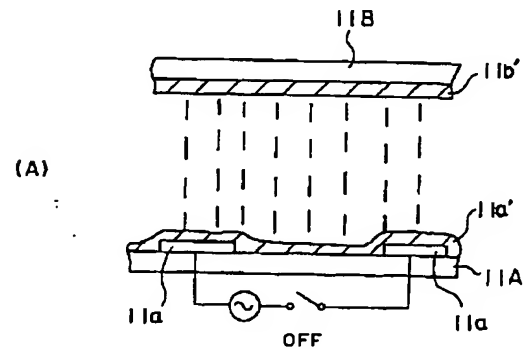
## [Drawing 7]

図6の液晶表示装置において、液晶パネルのリターデーション値に対する位相差補償板の合計リターデーション値の比の値を0.45とした場合の視角特性を示す図



[Drawing 5]

正の誘電率異方性を有する液晶を使った本発明のVAモード液晶表示装置の動作を説明する図



**[Drawing 8]**

図 8 の液晶表示装置において、液晶パネルのリターデーション値  
に対する位相差補償板の合計リターデーション値の比の値を  
0.6とした場合の視角特性を示す図

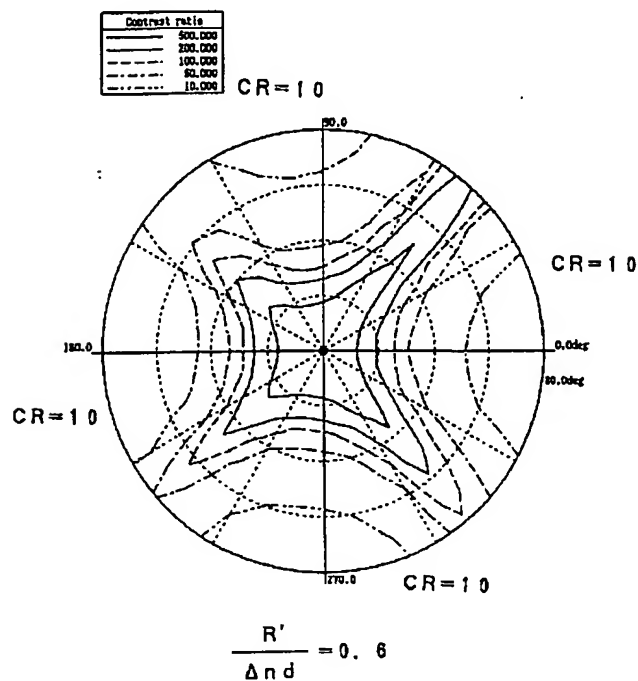
**[Drawing 9]**

図 8 の液晶表示装置において、液晶パネルのリターデーション値  
に対する位相差補償板の合計リターデーション値の比の値を  
0.75とした場合の視角特性を示す図

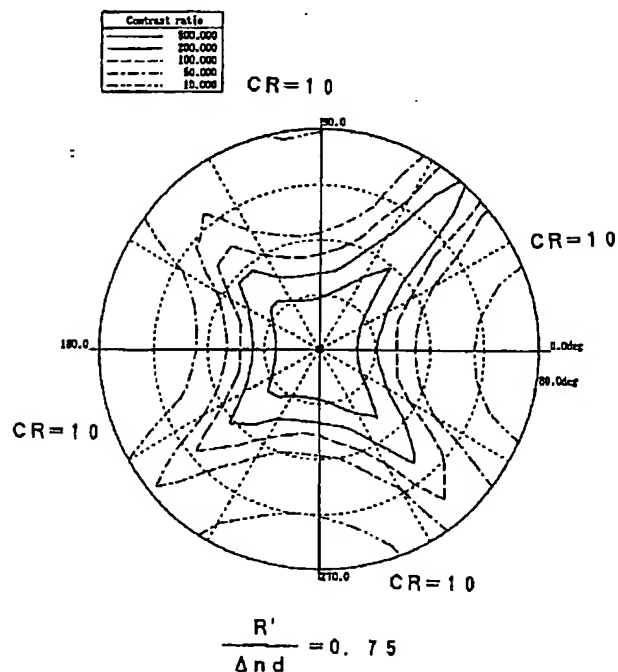
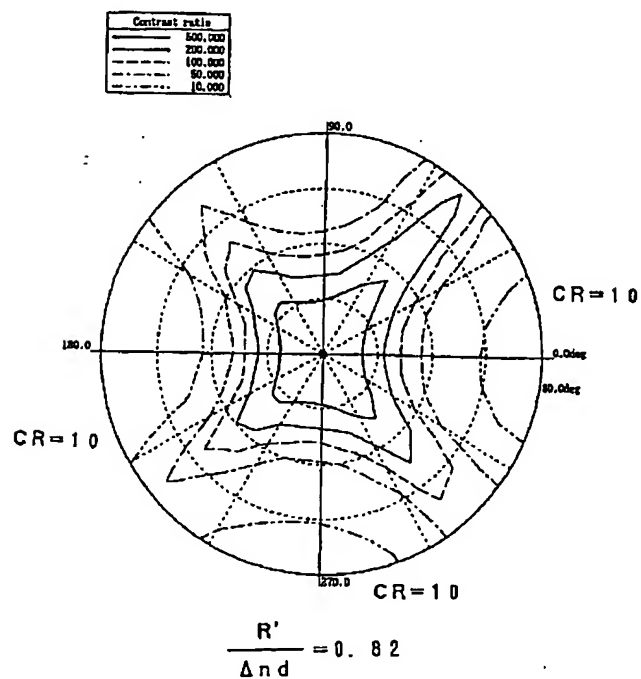
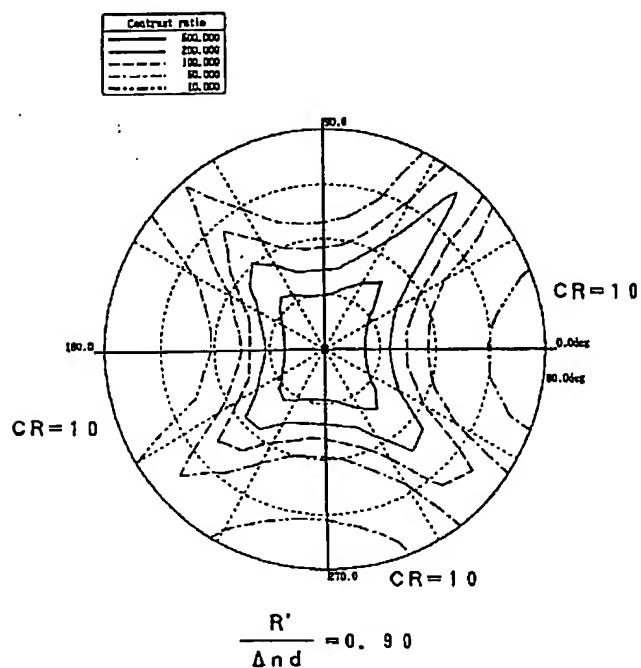
**[Drawing 10]**

図 8 の液晶表示装置において、液晶パネルのリターデーション値  
に対する位相差補償板の合計リターデーション値の比の値を  
0.82とした場合の視角特性を示す図



### [Drawing 11]

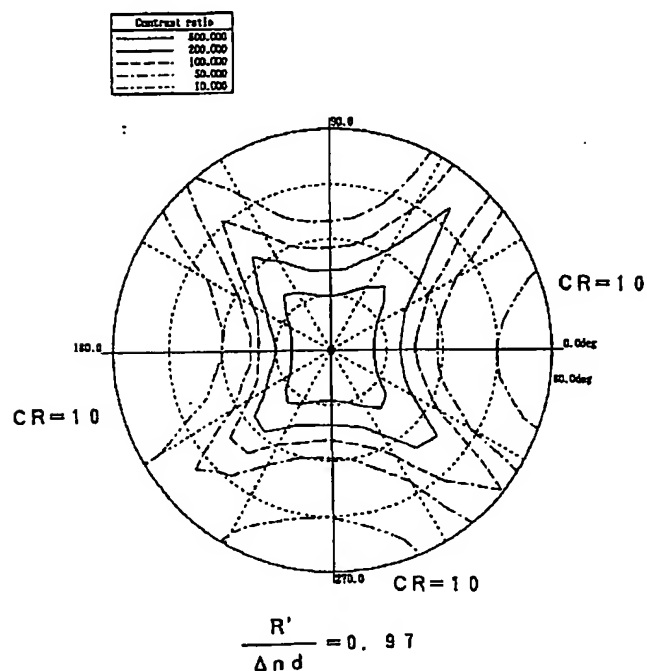
図 8 の液晶表示装置において、液晶パネルのリターデーション値  
に対する位相差補償板の合計リターデーション値の比の値を  
0.90とした場合の視角特性を示す図



### [Drawing 12]

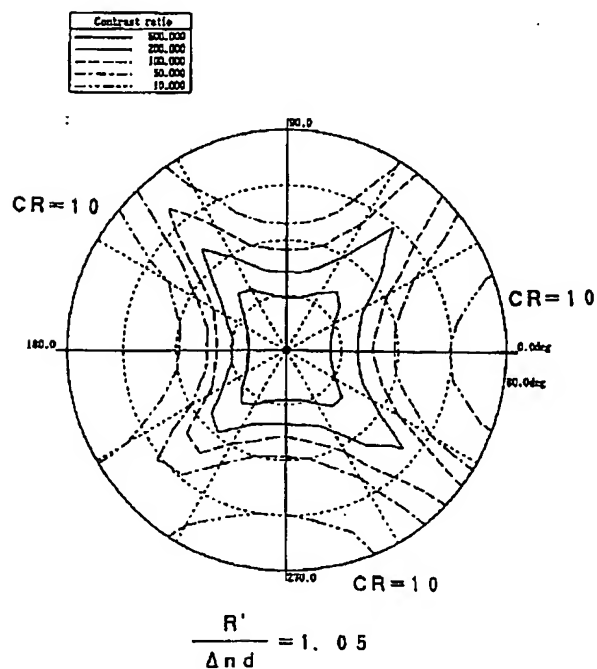


図 8 の液晶表示装置において、液晶パネルのリターデーション値  
に対する位相差補償板の合計リターデーション値の比の値を  
0.97とした場合の視角特性を示す図



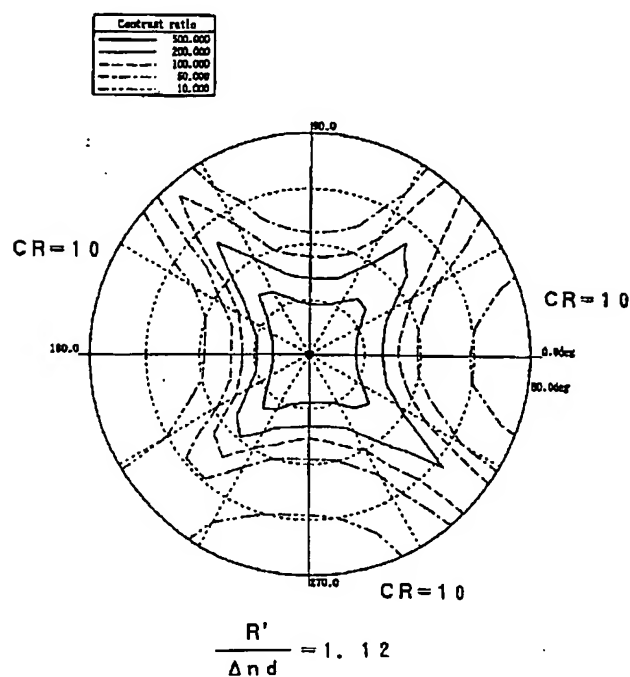
### [Drawing 13]

図 8 の液晶表示装置において、液晶パネルのリターデーション値  
に対する位相差補償板の合計リターデーション値の比の値を  
1.05とした場合の視角特性を示す図



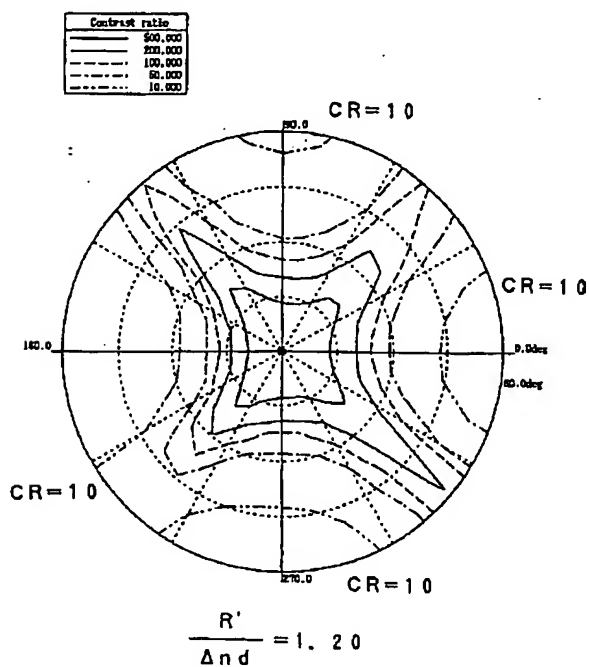
### [Drawing 14]

図 8 の液晶表示装置において、液晶パネルのリターデーション値  
に対する位相差補償板の合計リターデーション値の比の値を  
1.12 とした場合の視角特性を示す図



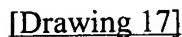
### [Drawing 15]

図 8 の液晶表示装置において、液晶パネルのリターデーション値  
に対する位相差補償板の合計リターデーション値の比の値を  
1.20 とした場合の視角特性を示す図



### [Drawing 16]

Contract rate	
_____	\$01.000
_____	200.000
_____	100.000
_____	50.000
_____	10.000



Contrast ratio	
—————	500.000
—————	200.000
- - - - -	100.000
— . — . —	50.000
— . . — .	10.000

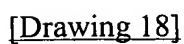
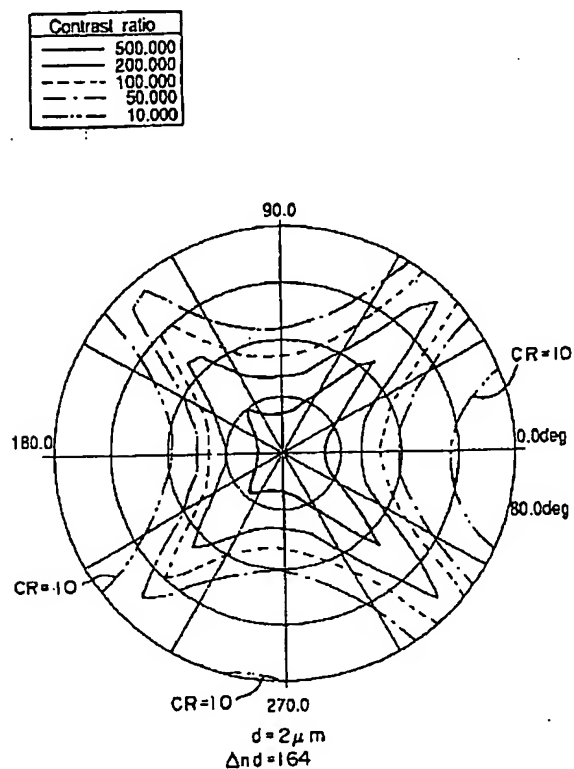
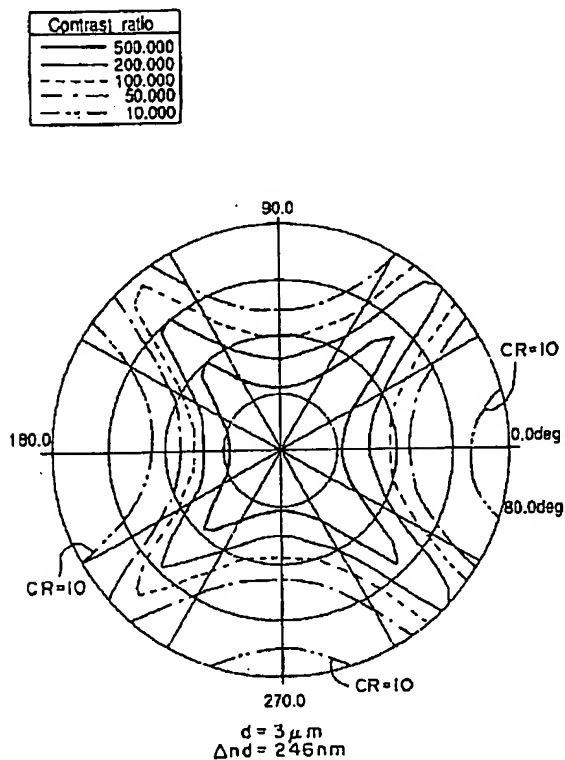


図 6 の液晶表示装置において、液晶層の厚さを  $2\ \mu\text{m}$ 、  
液晶層のリタデーション値を  $164\ \text{nm}$  とした場合の視角特性を示す図



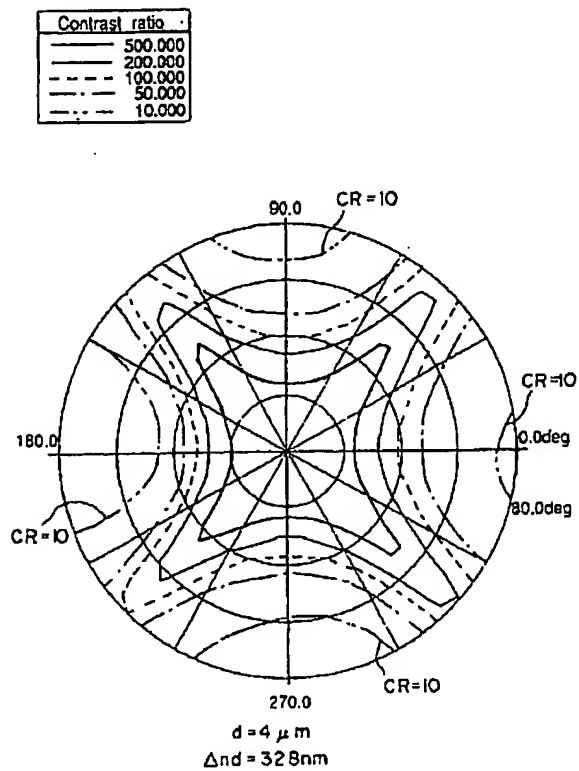
### [Drawing 19]

図 6 の液晶表示装置において、液晶層の厚さを  $3\ \mu\text{m}$ 、  
液晶層のリタデーション値を  $246\ \text{nm}$  とした場合の視角特性を示す図



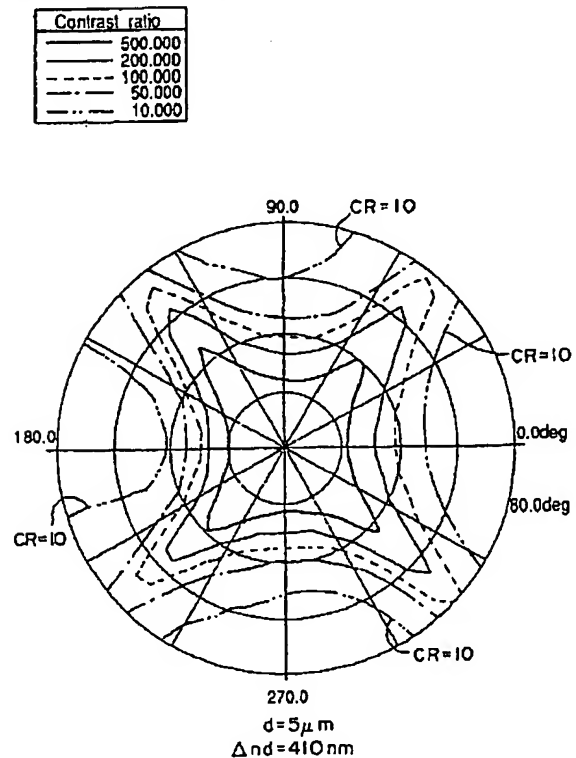
### [Drawing 20]

図6の液晶表示装置において、液晶層の厚さを $4\mu\text{m}$ 、  
液晶層のリタデーション値を $328\text{nm}$ とした場合の視角特性を示す図



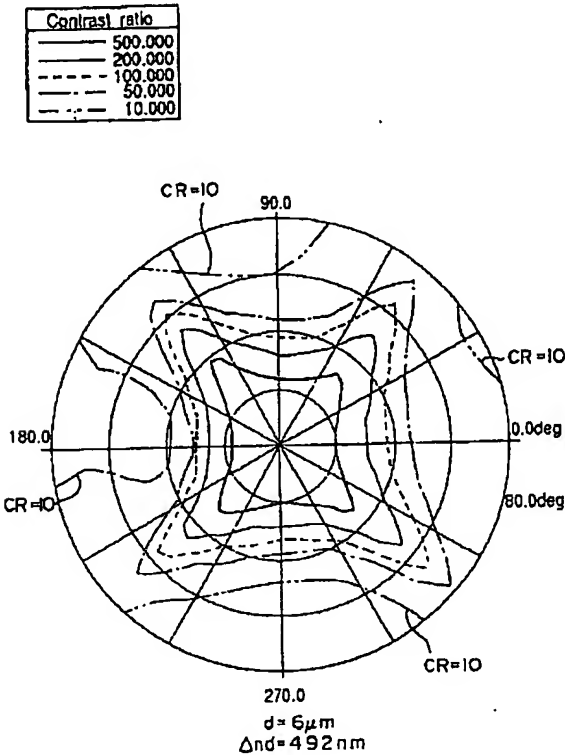
### [Drawing 21]

図6の液晶表示装置において、液晶層の厚さを $5\mu\text{m}$ 、  
液晶層のリタデーション値を $410\text{nm}$ とした場合の視角特性を示す図



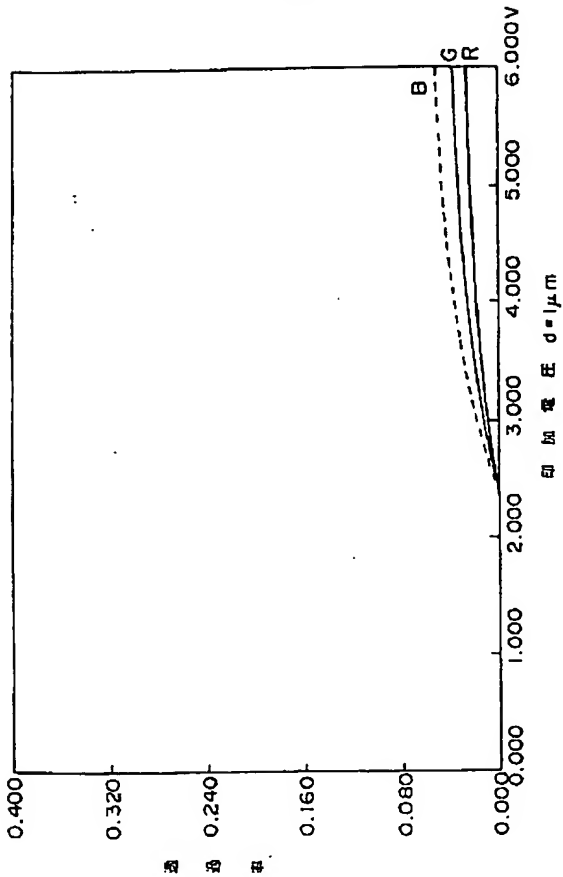
### [Drawing 22]

図 8 の液晶表示装置において、液晶層の厚さを  $8\text{ }\mu\text{m}$ 、  
液晶層のリタレーション値を  $492\text{ nm}$ とした場合の視角特性を示す図



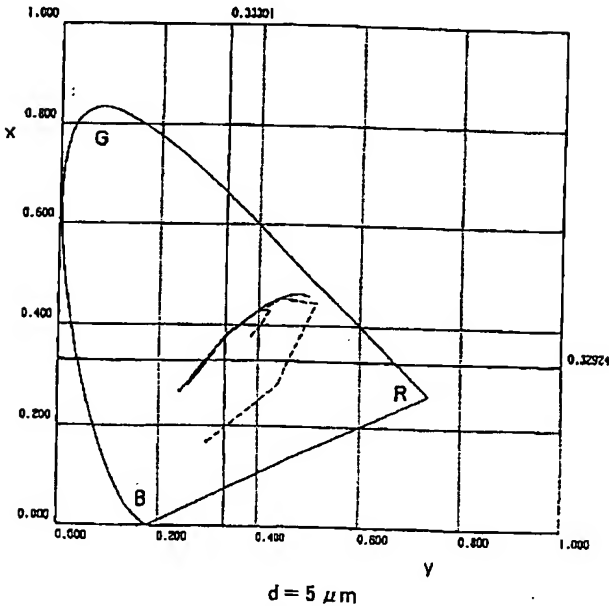
[Drawing 23]

図 6 の液晶表示装置において、液晶層の厚さを  
1  $\mu\text{m}$  とした場合の透過率特性を示す図



[Drawing 32]

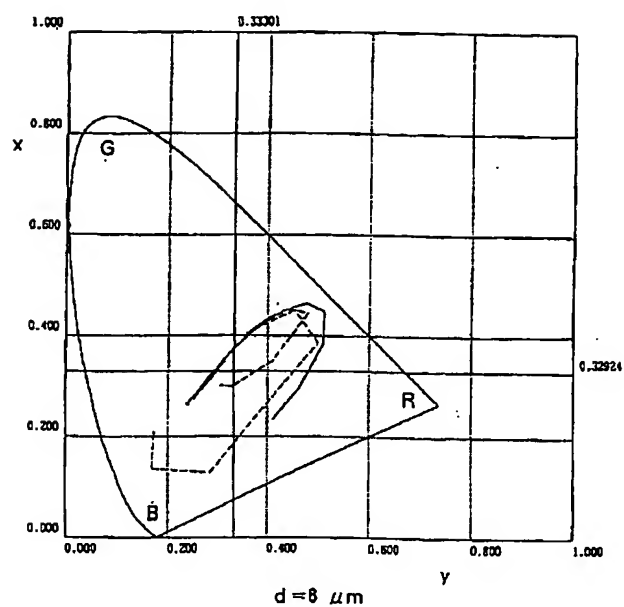
図 6 の液晶表示装置において、液晶層の厚さを  
5  $\mu\text{m}$  とした場合の着色特性を示す図



[Drawing 33]

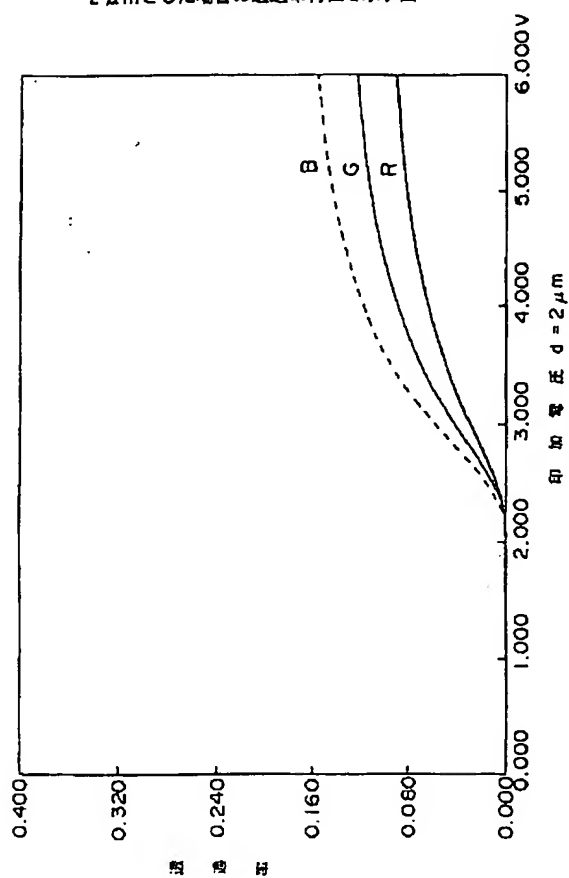


図 8 の液晶表示装置において、液晶層の厚さを  
6  $\mu\text{m}$ とした場合の着色特性を示す図



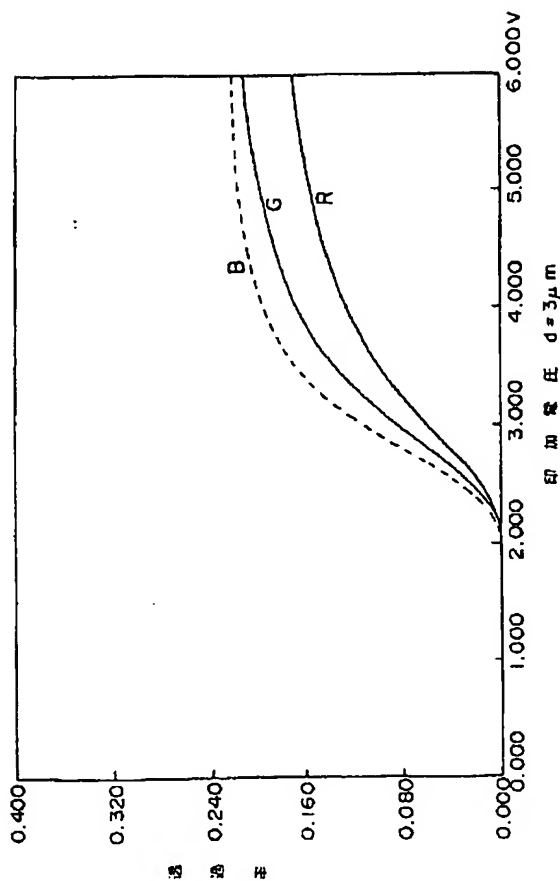
[Drawing 24]

図 6 の液晶表示装置において、液晶層の厚さを  
2  $\mu\text{m}$ とした場合の透過率特性を示す図



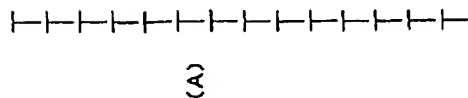
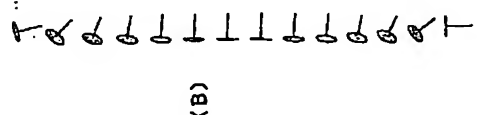
[Drawing 25]

図6の液晶表示装置において、液晶層の厚さを  
3  $\mu\text{m}$ とした場合の透過率特性を示す図



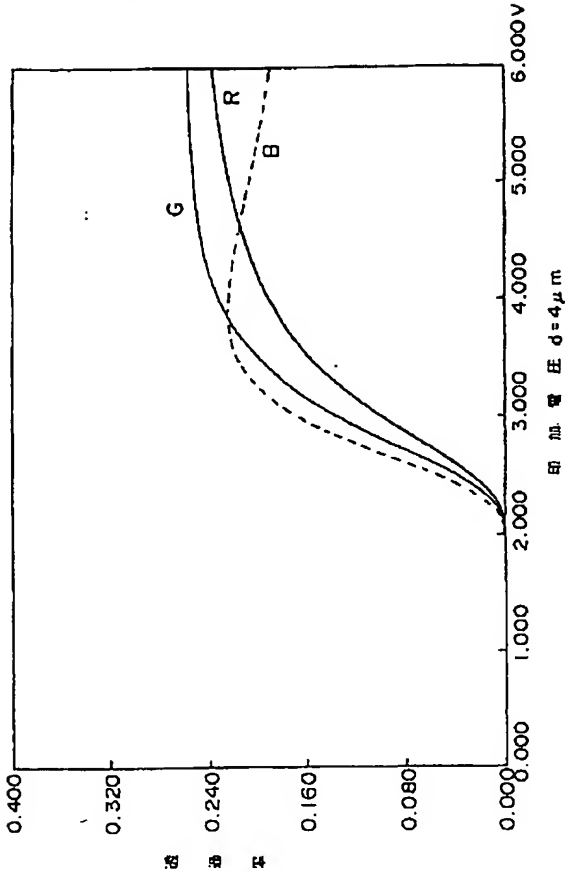
[Drawing 38]

図6の液晶表示装置において、カイラル材を含んだ液晶層中の  
分子配向を、それぞれ非駆動状態および駆動状態について示す図



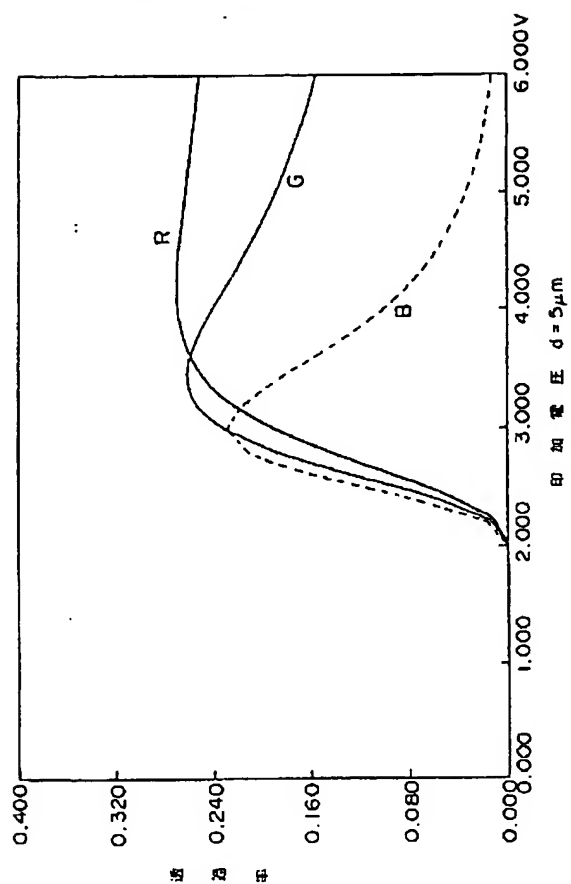
[Drawing 26]

図6の液晶表示装置において、液晶層の厚さを  
4  $\mu\text{m}$ とした場合の透過率特性を示す図



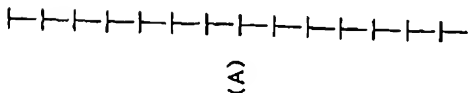
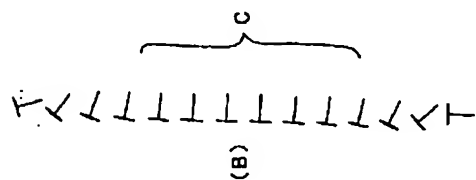
[Drawing 27]

図 6 の液晶表示装置において、液晶層の厚さを  
5  $\mu\text{m}$ とした場合の透過率特性を示す図



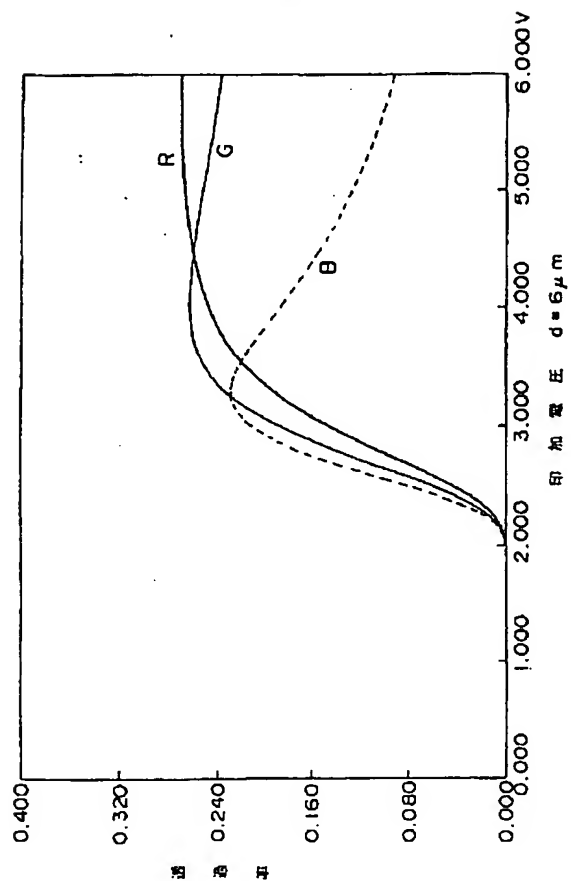
### [Drawing 39]

図 6 の液晶表示装置において、カイラル材を含まない液晶層中の  
分子配向を、それぞれ非駆動状態および駆動状態について示す図



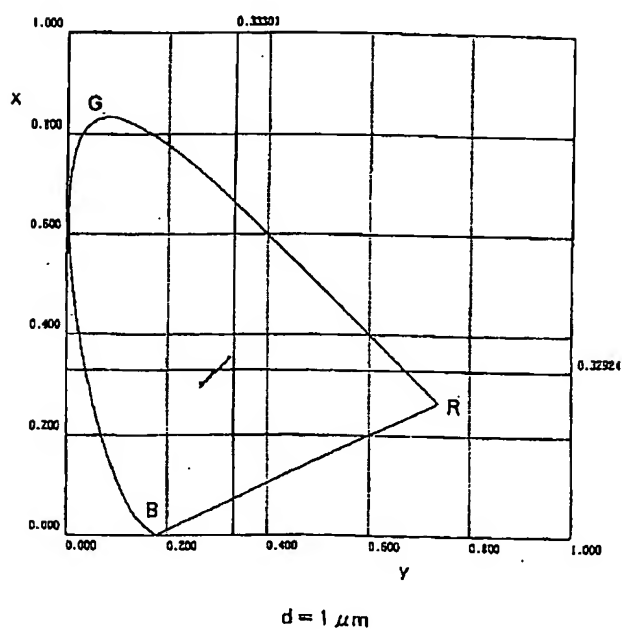
### [Drawing 28]

図8の液晶表示装置において、液晶層の厚さを  
 $6\mu\text{m}$ とした場合の透過率特性を示す図



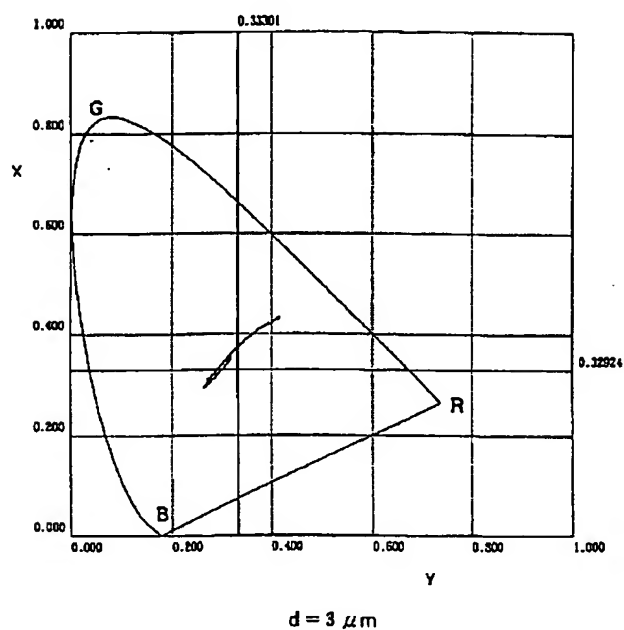
[Drawing 29]

図8の液晶表示装置において、液晶層の厚さを  
 $1\mu\text{m}$ とした場合の着色特性を示す図



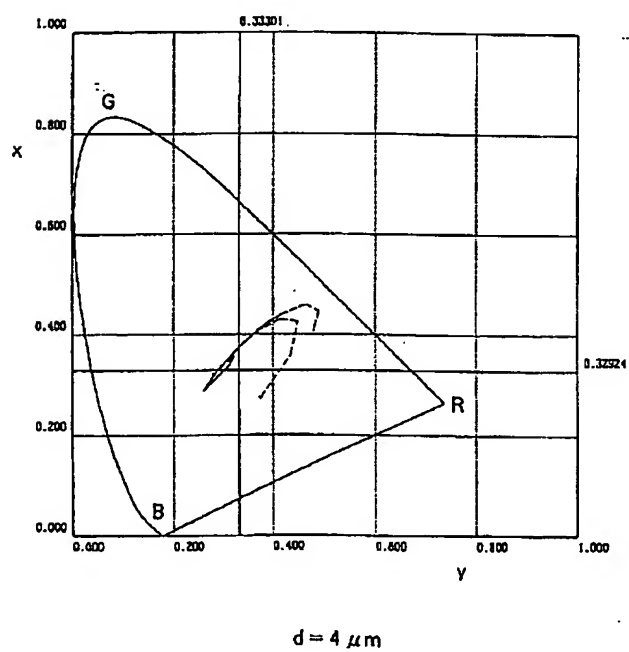
[Drawing 30]

図6の液晶表示装置において、液晶層の厚さを  
3  $\mu\text{m}$ とした場合の着色特性を示す図



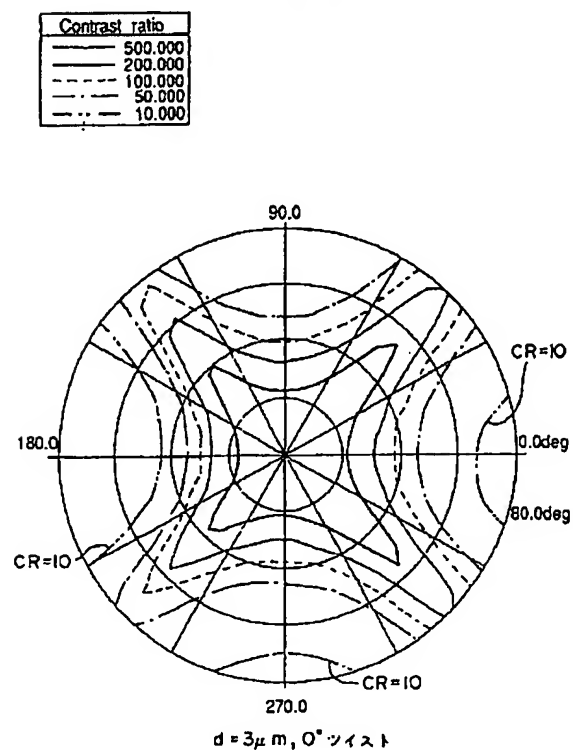
[Drawing 31]

図8の液晶表示装置において、液晶層の厚さを  
4  $\mu\text{m}$ とした場合の着色特性を示す図



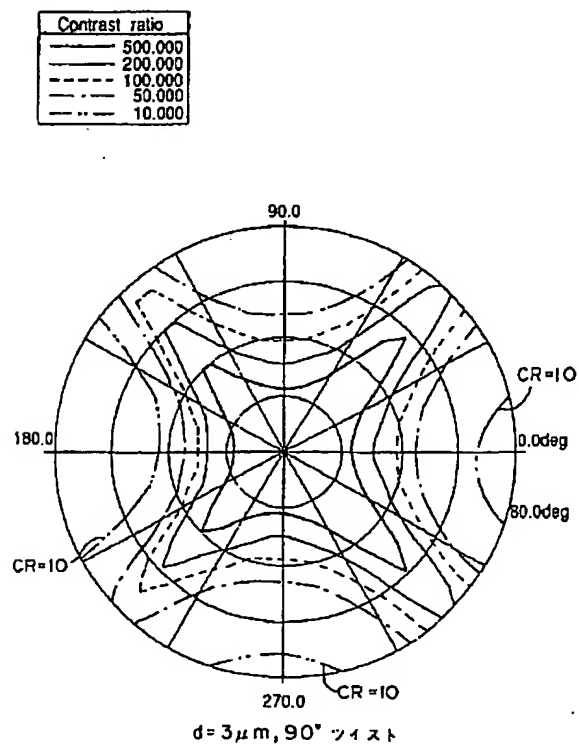
[Drawing 34]

図 8 の液晶表示装置において、液晶層の厚さを  $3\ \mu\text{m}$ 、  
ツイスト角を  $0^\circ$  とした場合の視角特性を示す図



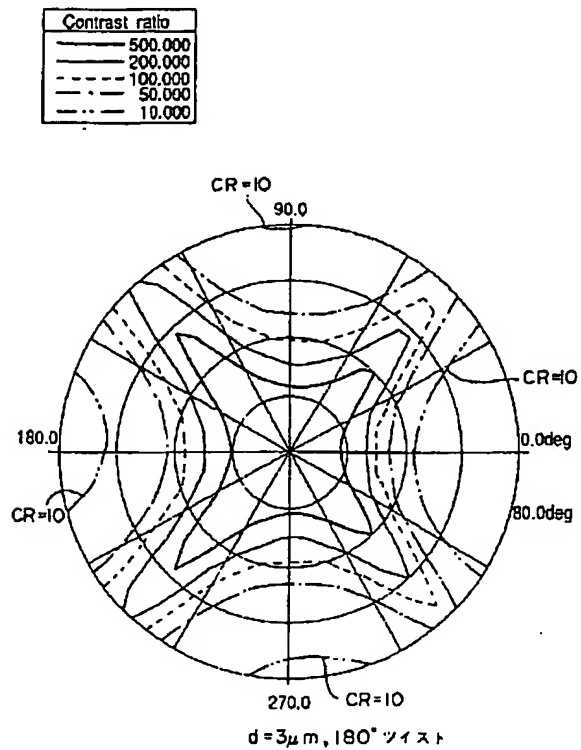
[Drawing 35]

図 8 の液晶表示装置において、液晶層の厚さを  $3\ \mu\text{m}$ 、  
ツイスト角を  $90^\circ$  とした場合の視角特性を示す図



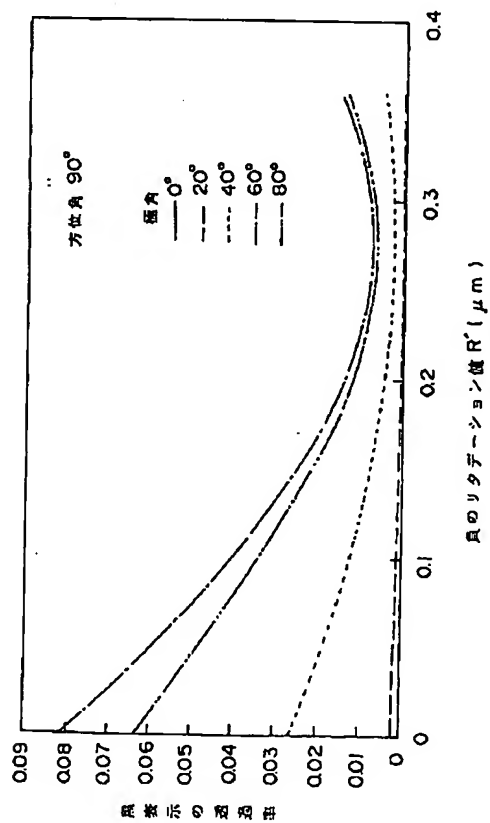
[Drawing 36]

図6の液晶表示装置において、液晶層の厚さを $3\mu\text{m}$ 、ツイスト角を $180^\circ$ とした場合の視角特性を示す図



[Drawing 37]

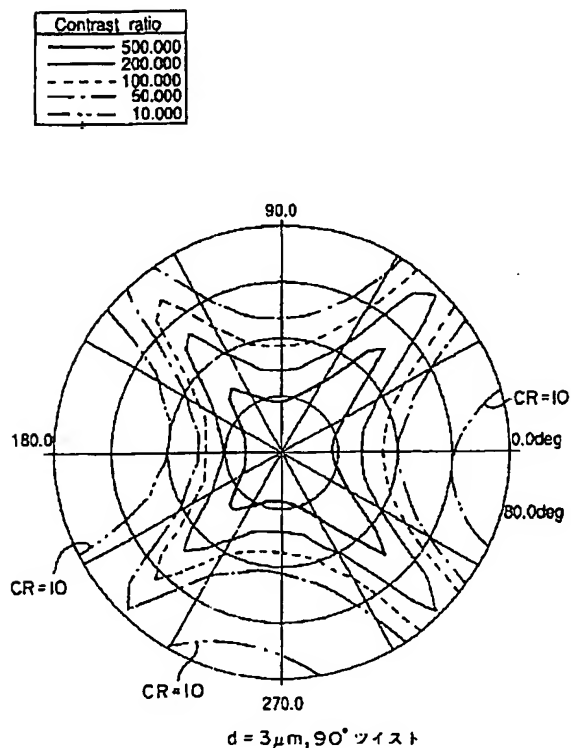
図6の液晶表示装置の黒表示時における透過率を示す図





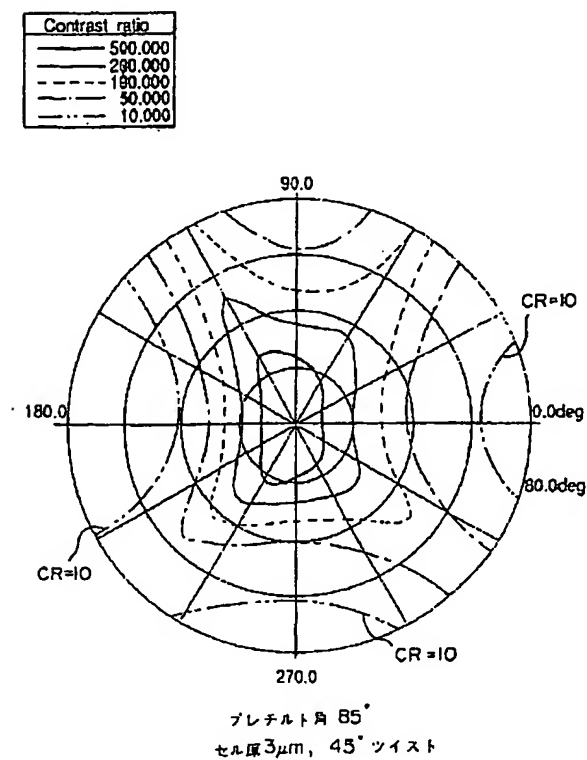
## [Drawing 40]

図6の液晶表示装置において、液晶層中に  
カイラル材を添加した場合の視角特性を示す図



## [Drawing 44]

図6の液晶表示装置において、プレチルト角を  
85° に設定した場合の視角特性を示す図



[Drawing 57]

図54の液晶表示装置の視角特性を示す図

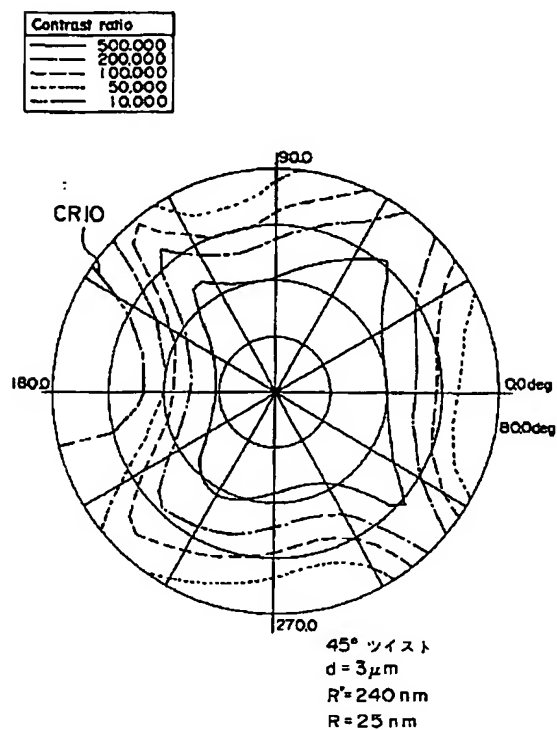
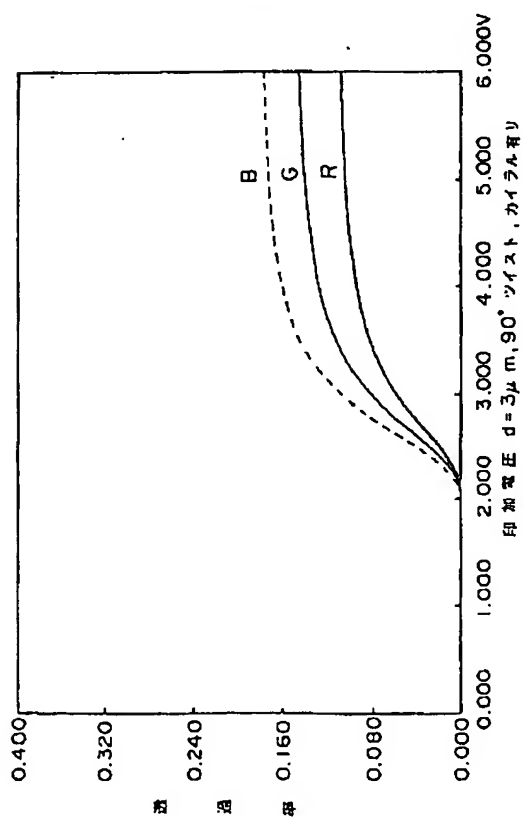
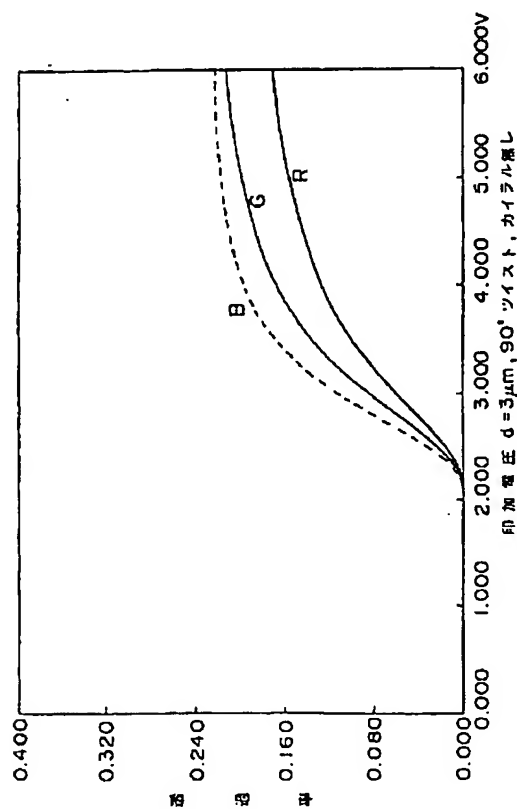
[Drawing 41]

図6の液晶表示装置において、液晶層中に  
 カイラル材を添加した場合の透過率特性を示す図

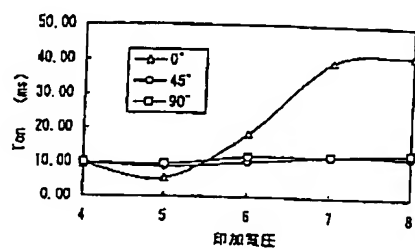


[Drawing 42]

図8の液晶表示装置において、液晶層中に  
カイラル材を添加しない場合の透過率特性を示す図

[Drawing 52]

本発明の第2実施例による液晶表示装置の立ち上がり特性を示す図

[Drawing 53]

本発明の第2実施例による液晶表示装置の立ち下がり特性を示す図

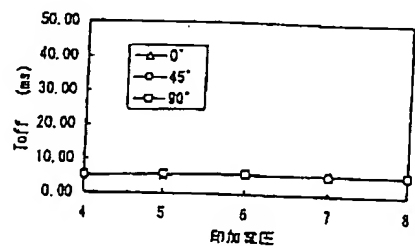
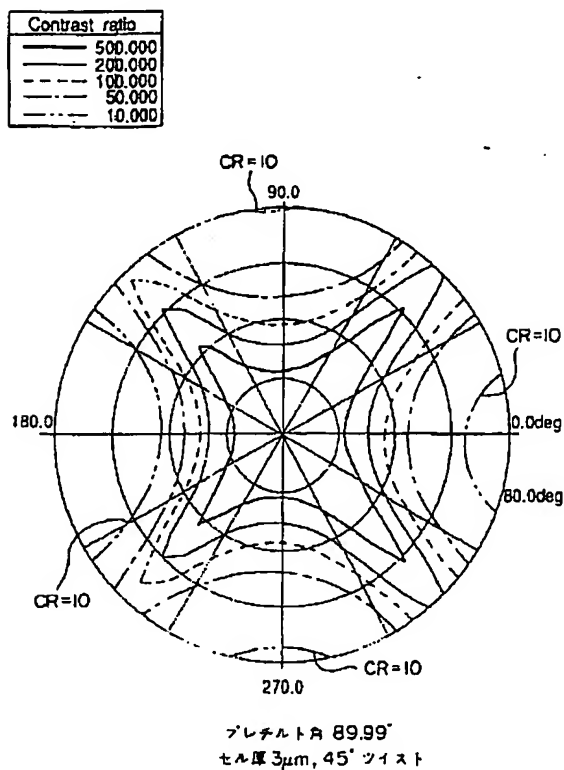
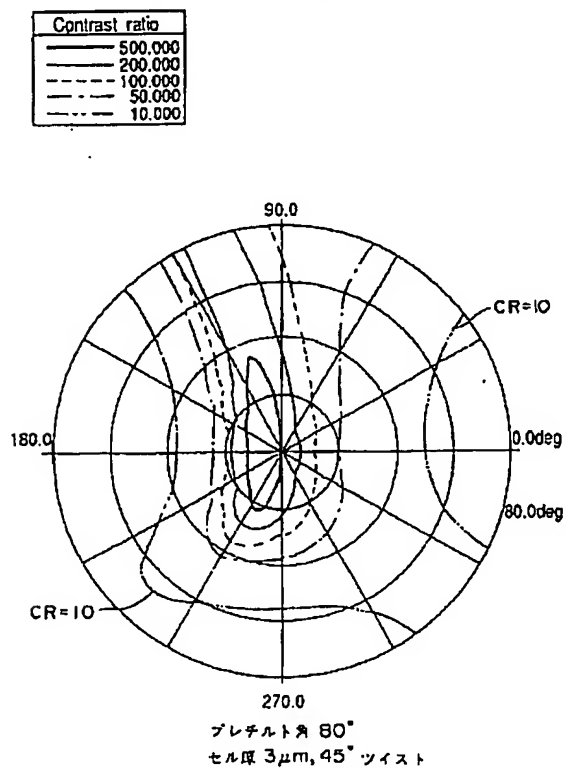
[Drawing 43]

図6の液晶表示装置において、プレチルト角を  
90°に設定した場合の視角特性を示す図



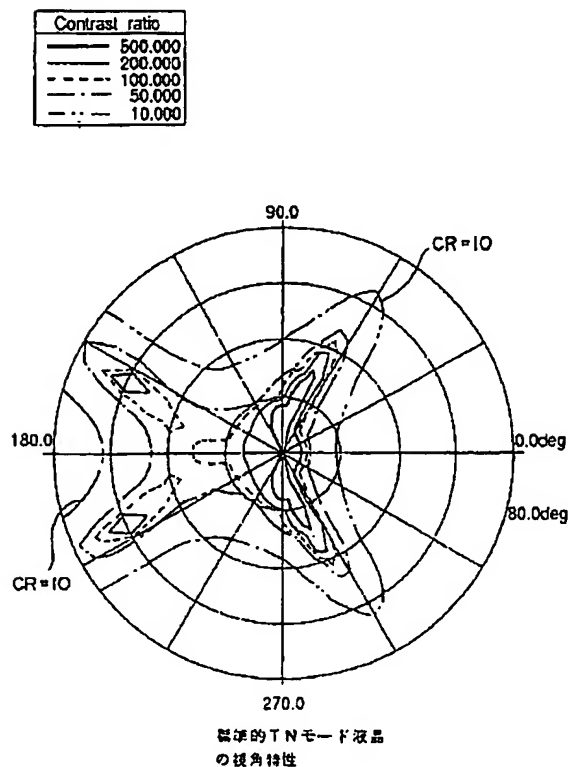
#### [Drawing 45]

図6の液晶表示装置において、プレチルト角を  
80°に設定した場合の視角特性を示す図



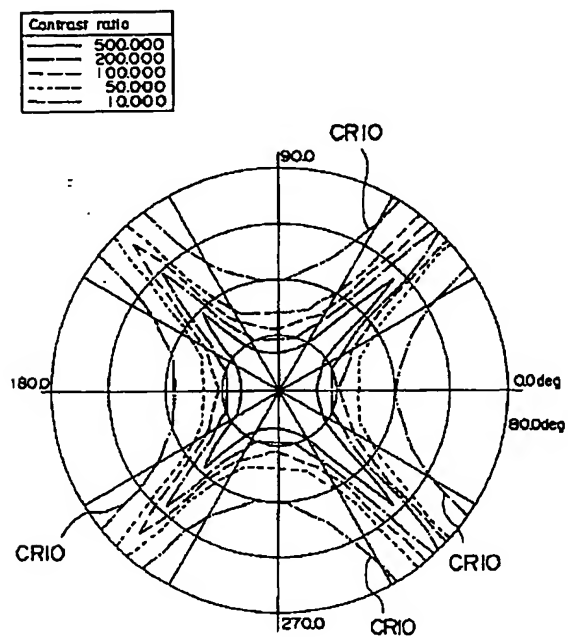
#### [Drawing 47]

標準的なTNモード液晶表示装置の視角特性を示す図



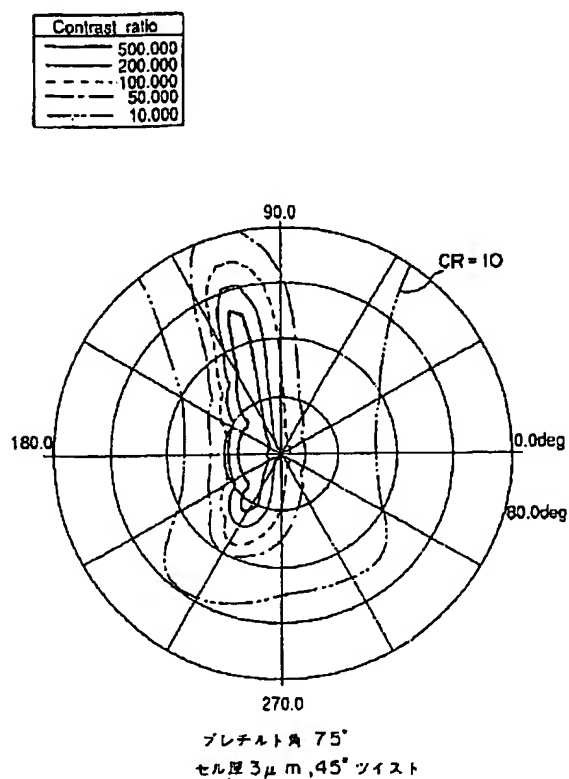
### [Drawing 59]

図54の液晶表示装置において位相差補償フィルムを省略した場合の視角特性を示す図



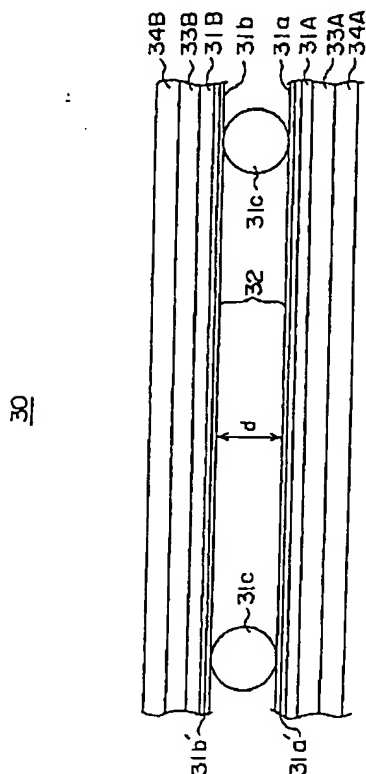
### [Drawing 46]

図6の液晶表示装置において、プレチルト角を  
75°に設定した場合の視角特性を示す図



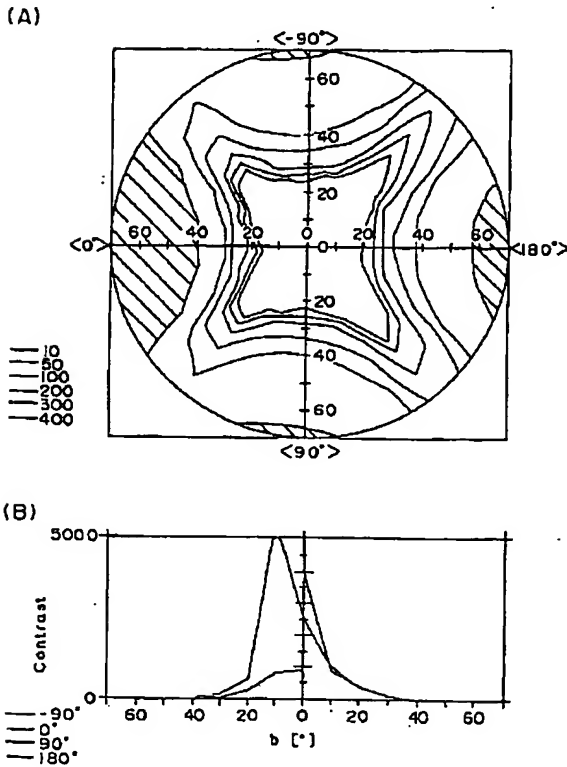
[Drawing 48]

本発明の第1実施例による液晶表示装置の構成を示す断面図



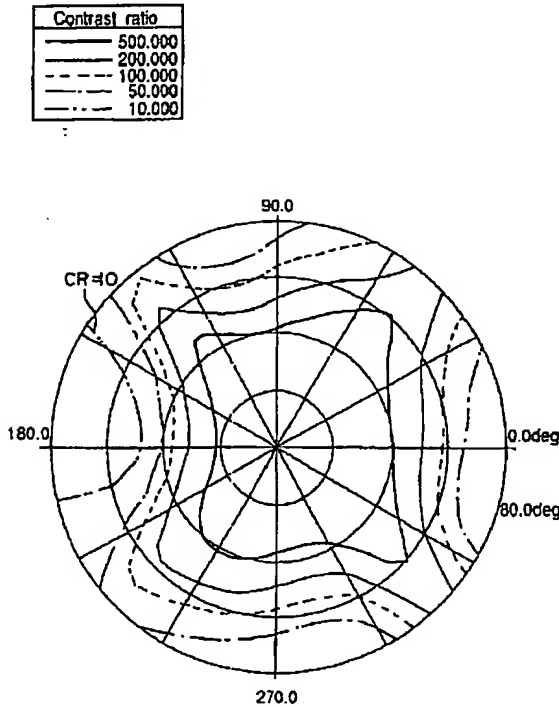
[Drawing 50]

図 4 8 の液晶表示装置において、位相差補償板を  
設けた場合の視角特性を示す図



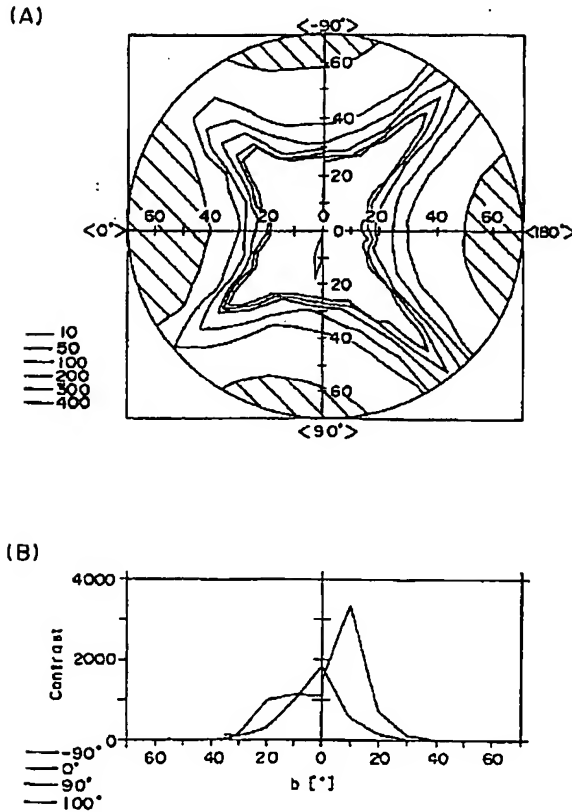
[Drawing 63]

図 6 0 の液晶表示装置の視角特性を示す図



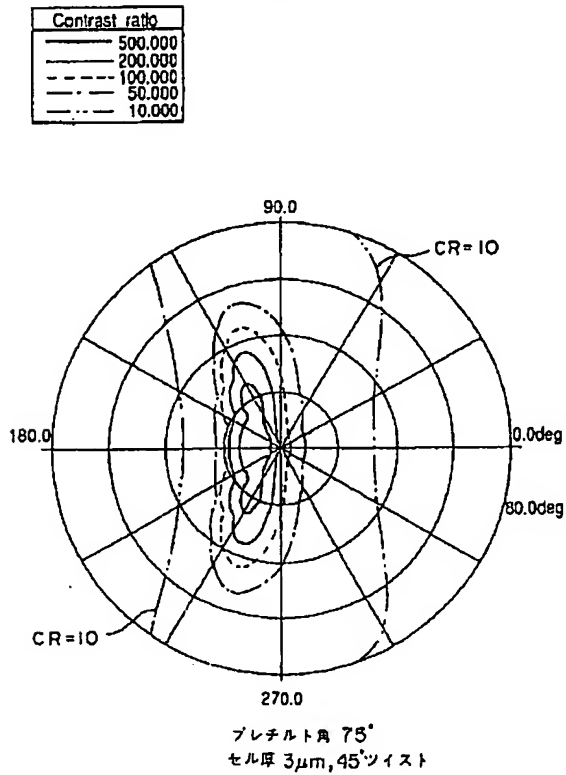
[Drawing 49]

図 4 8 の液晶表示装置の視角特性を示す図



## [Drawing 51]

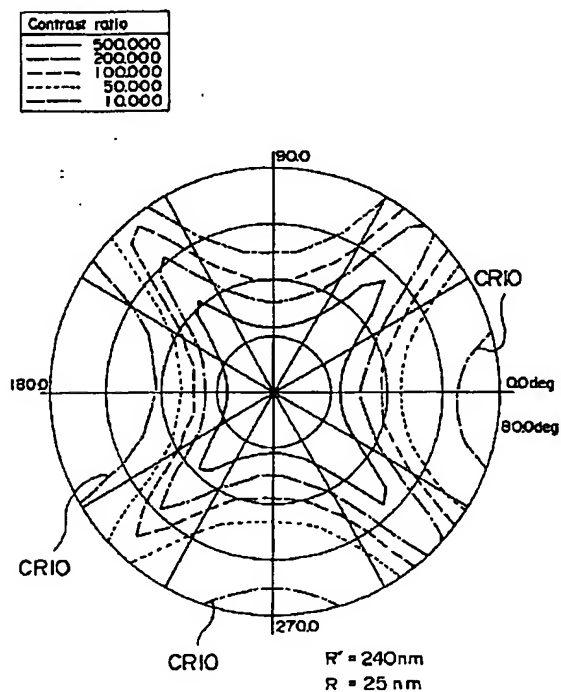
図 4 8 の液晶表示装置において、プレチルト角を  $7.5^\circ$  とし、液晶パネルの上下に位相差補償フィルタを配設した場合の視角特性を示す図





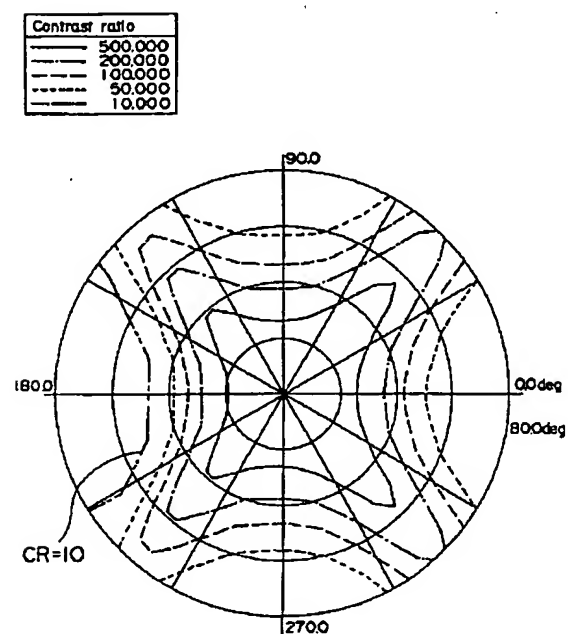
[Drawing 58]

図54の液晶表示装置において、正の位相差補償フィルムと負の位相差補償フィルムの順序を反転した場合の視角特性を示す図



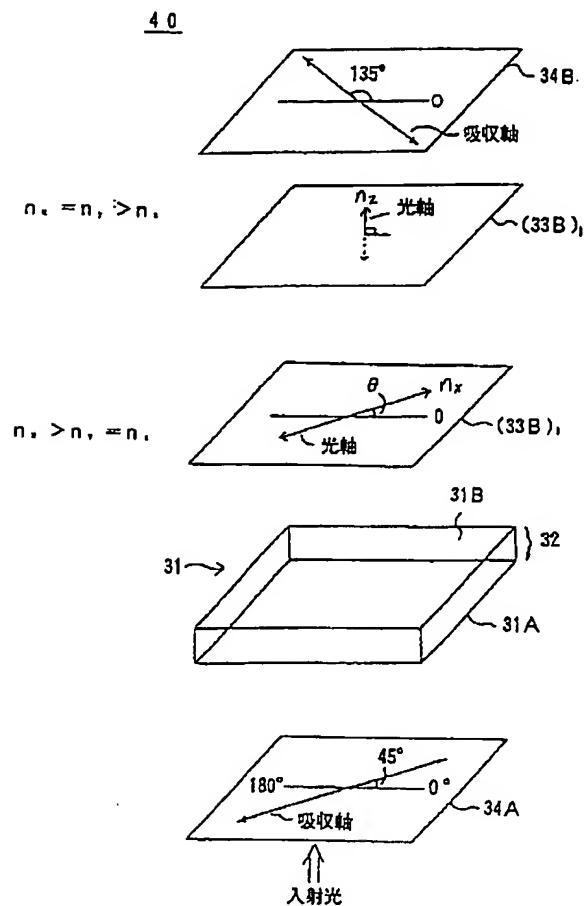
[Drawing 71]

図 70 の液晶表示装置の視角特性を示す図



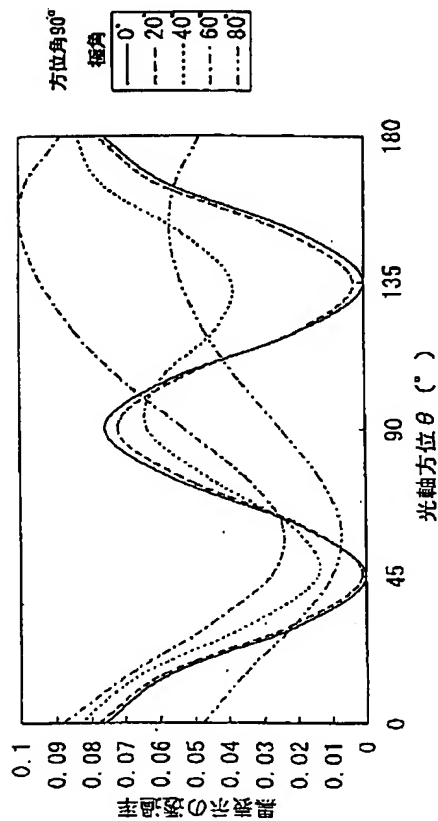
[Drawing 54]

本発明の第3実施例による液晶表示装置の構成を示す図



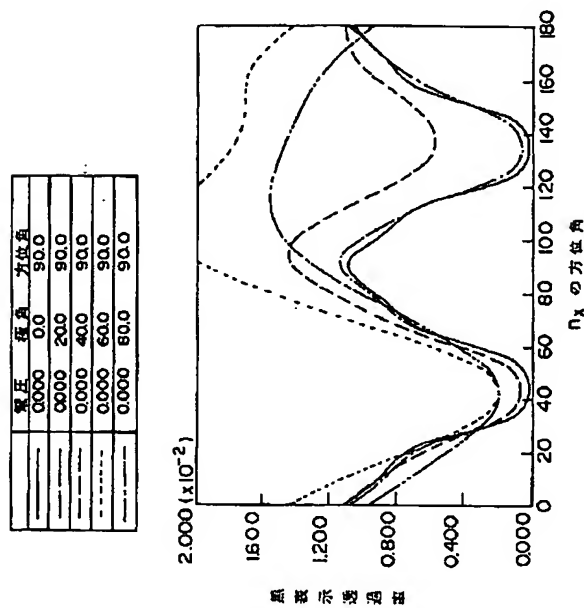
[Drawing 55]

図 5 4 の液晶表示装置における黒表示状態の透過率を示す図



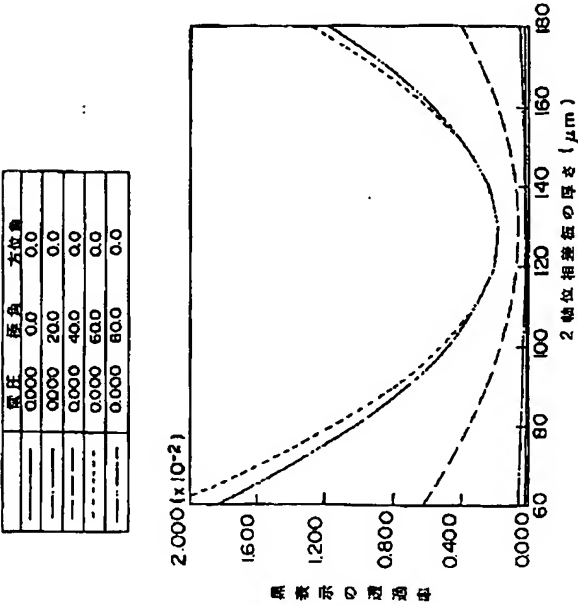
[Drawing 67]

図 6 6 の液晶表示装置の黒表示状態の透過率を示す図



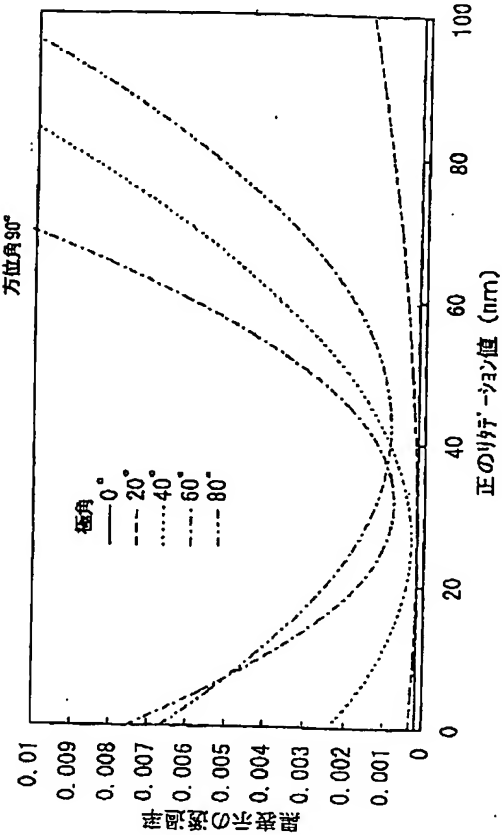
[Drawing 68]

図 6 6 の液晶表示装置の黒表示状態の透過率を示す別の図



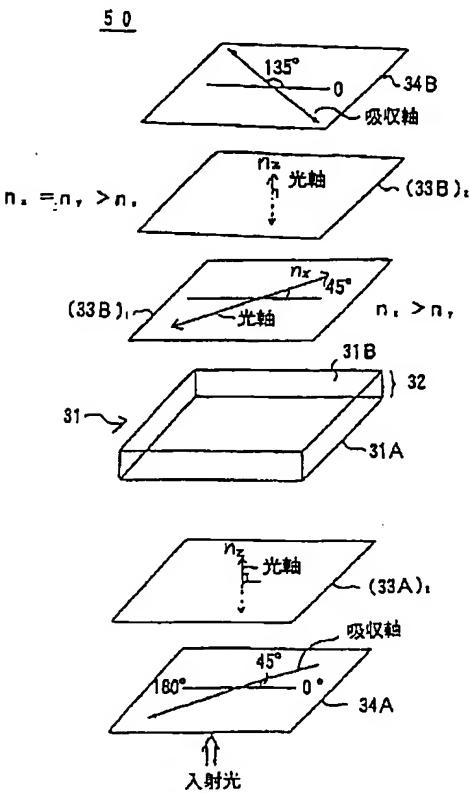
[Drawing 56]

図 5 4 の液晶表示装置における黒表示状態の透過率を示す別の図



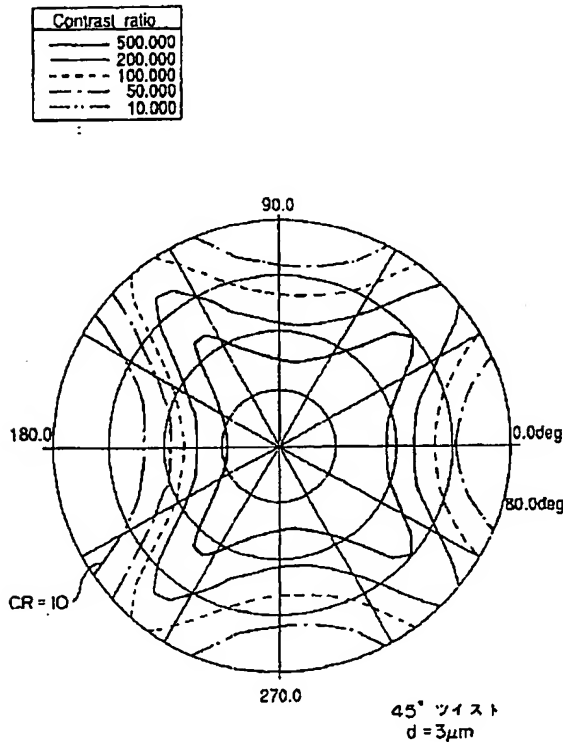
[Drawing 60]

本発明の第4実施例による液晶表示装置の構成を示す図



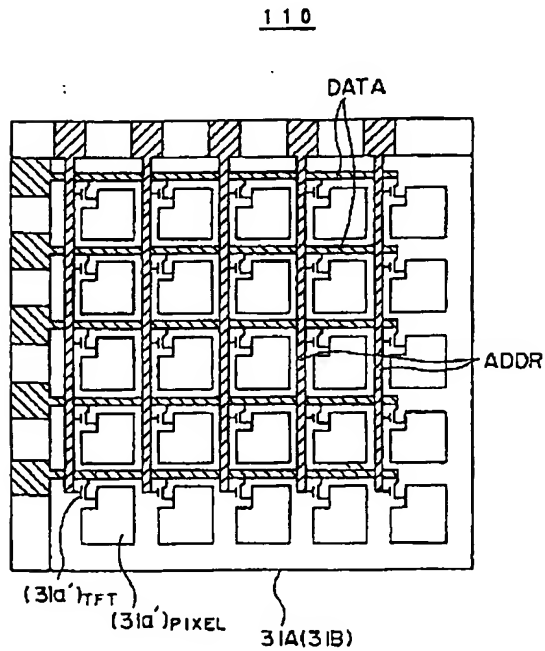
[Drawing 65]

図64の液晶表示装置の視角特性を示す図



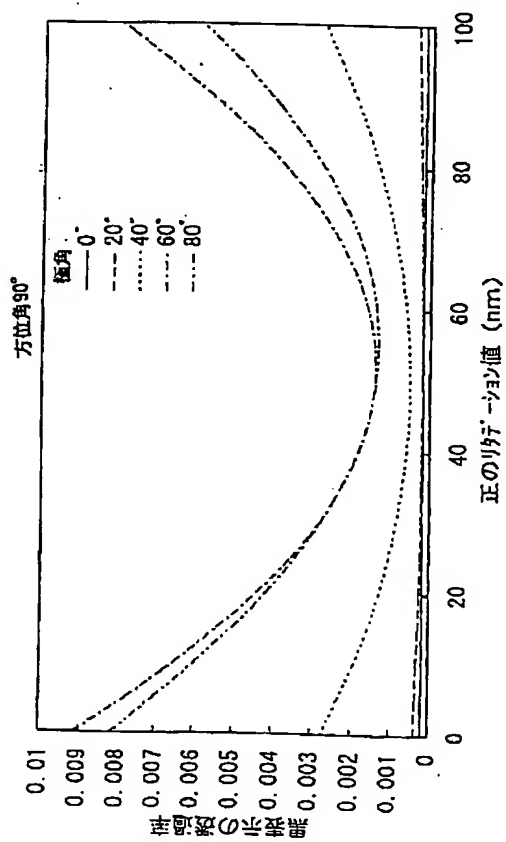
[Drawing 80]

本発明の第1実施例による液晶表示装置の構成を示す図



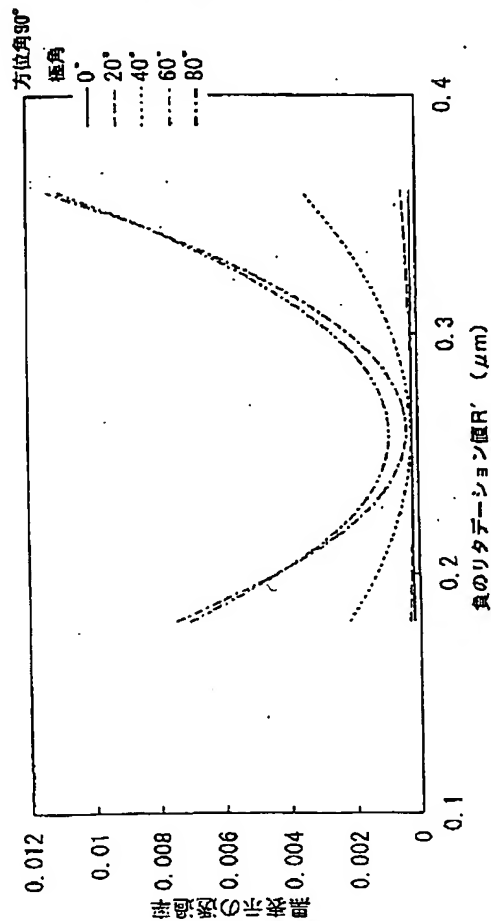
[Drawing 61]

図60の液晶表示装置における黒表示状態の透過率を示す図



[Drawing 62]

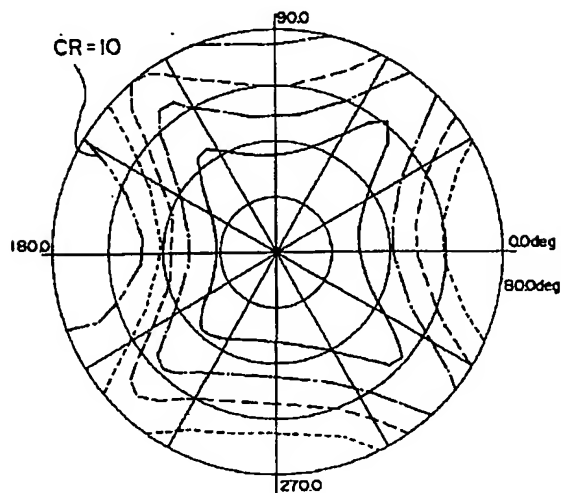
図 6 0 の液晶表示装置における黒表示状態の透過率を示す別の図



[Drawing 69]

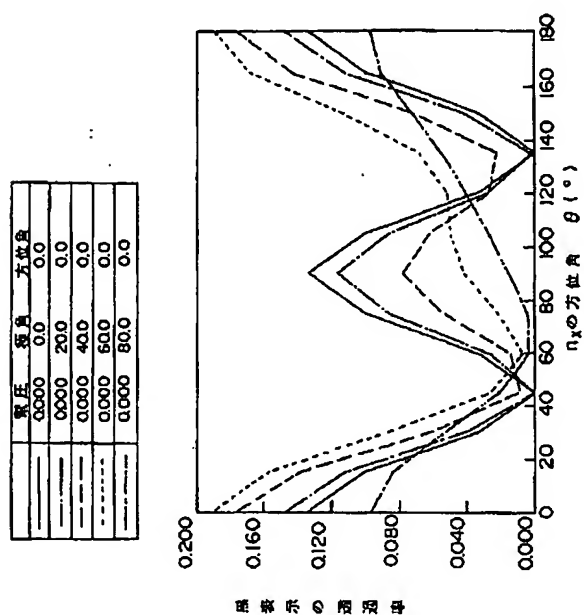
図 6 6 の液晶表示装置の視角特性を示す図

Contrast ratio	
—	500.000
---	200.000
...	100.000
- - -	50.000
- - -	10.000



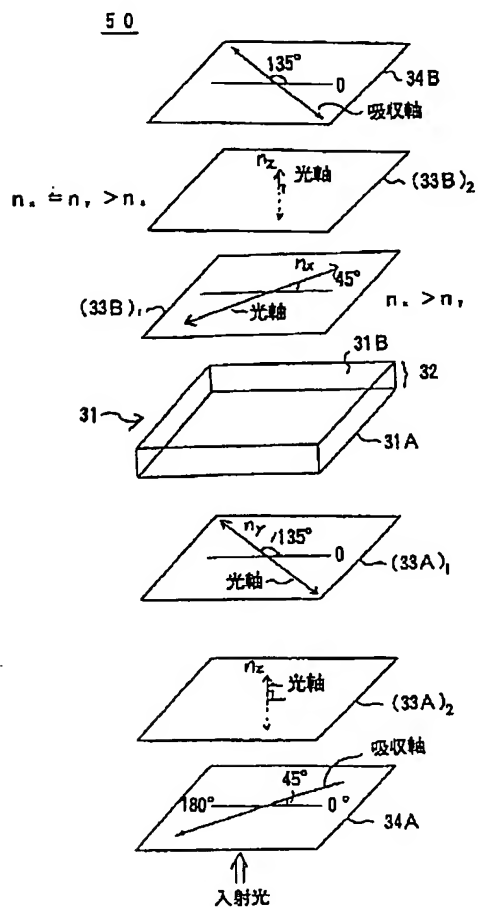
[Drawing 73]

図 7 2 の液晶表示装置における黒表示状態の透過率を示す図



[Drawing 64]

本発明の第 5 実施例による液晶表示装置の構成を示す図

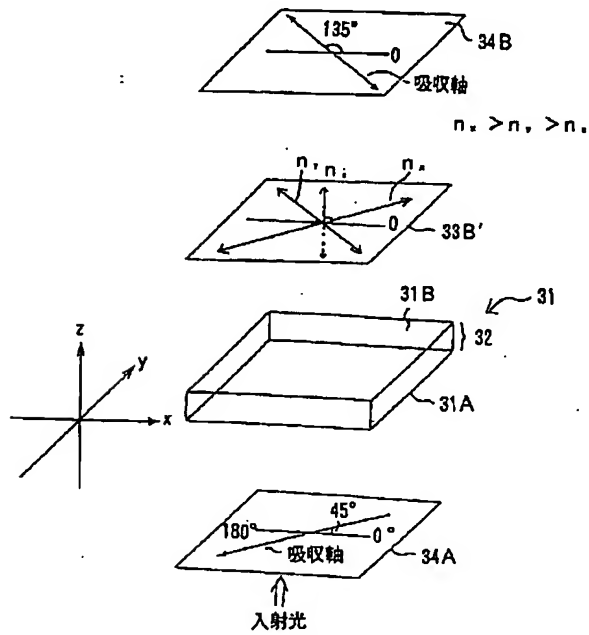


[Drawing 66]



本発明の第6実施例による液晶表示装置の構成を示す図

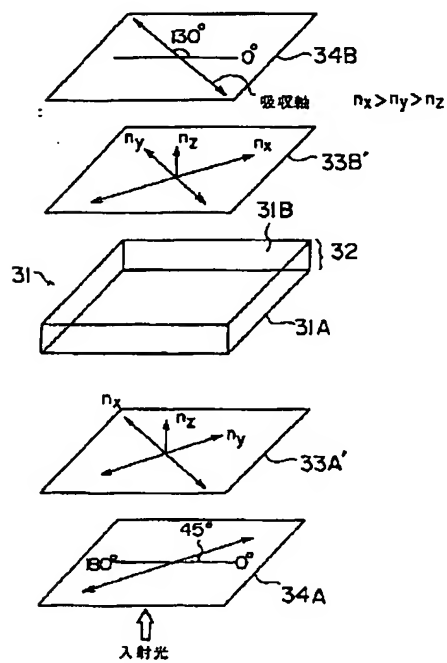
60



[Drawing 70]

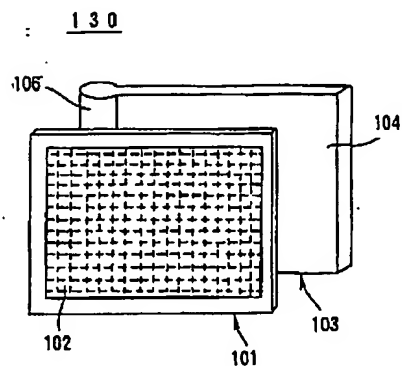
本発明の第7実施例による液晶表示装置の構成を示す図

70



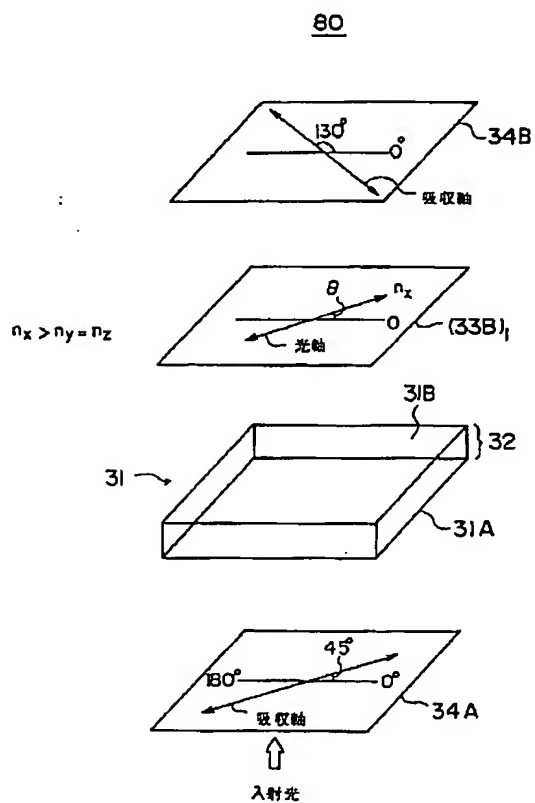
[Drawing 87]

本発明による垂直配向液晶表示装置を使った  
直視型液晶表示装置の構成を示す図



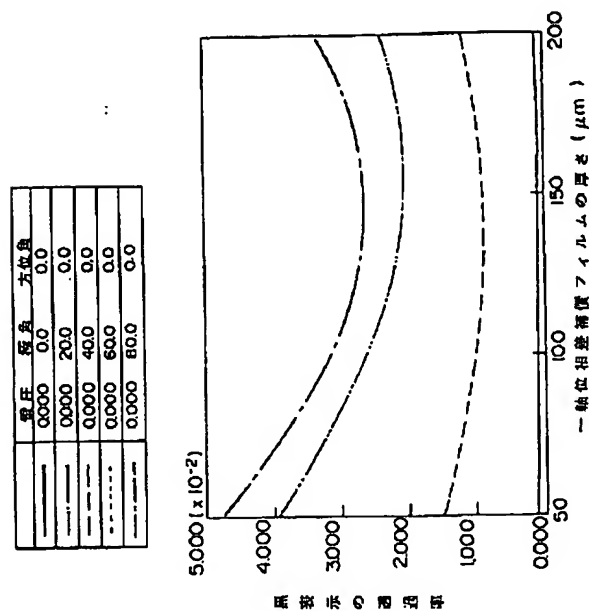
[Drawing 72]

本発明の第 8 実施例による液晶表示装置の構成を示す図



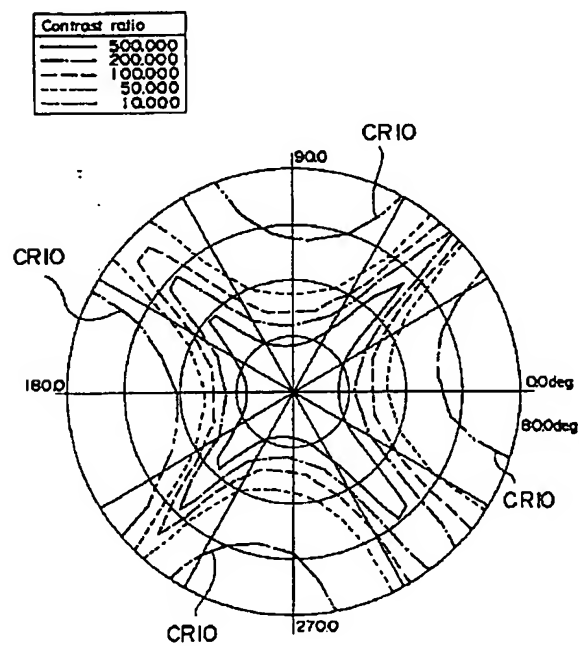
[Drawing 74]

図 7 2 の液晶表示装置における黒表示状態の透過率を示す図



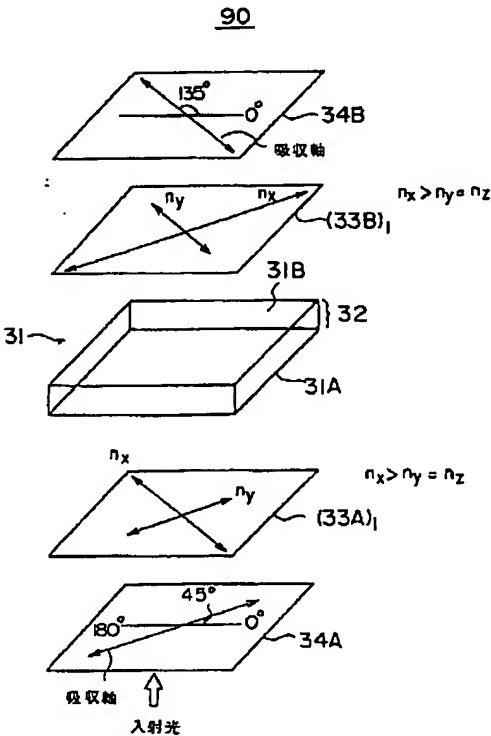
[Drawing 75]

図 7 2 の液晶表示装置の視角特性を示す図



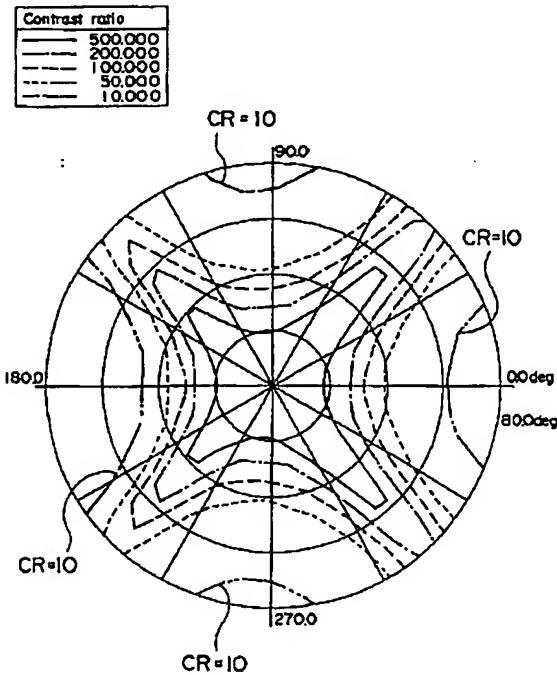
[Drawing 76]

本発明の第8実施例による液晶表示装置の構成を示す図



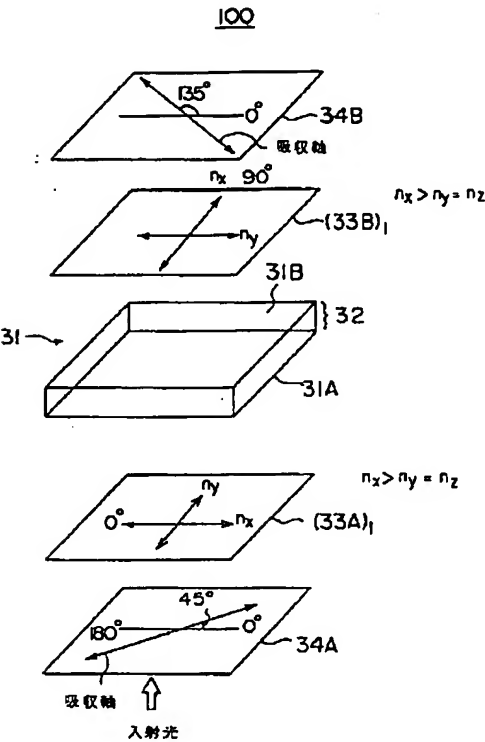
[Drawing 77]

図76の液晶表示装置の視角特性を示す図



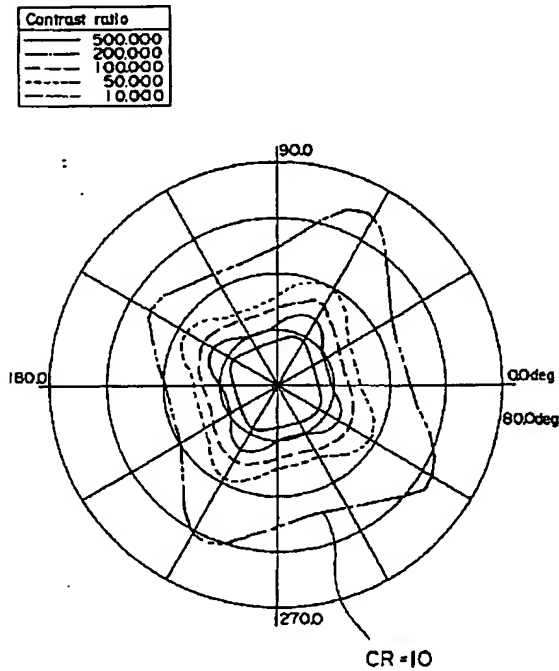
[Drawing 78]

本発明の第10実施例による液晶表示装置の構成を示す図



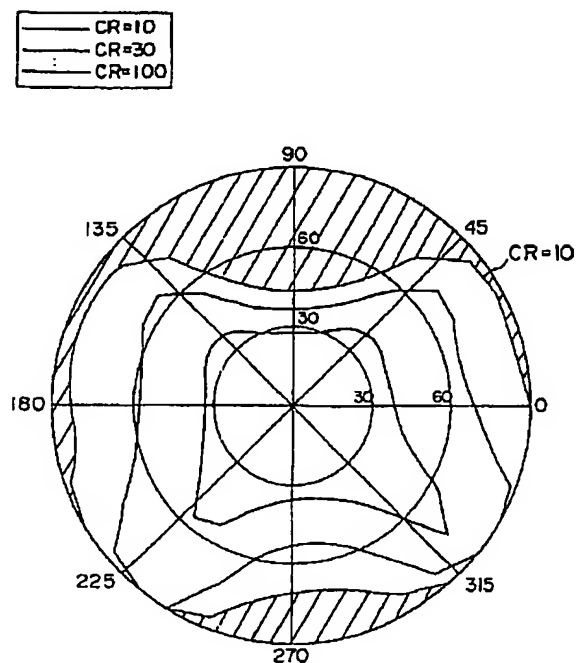
[Drawing 79]

図78の液晶表示装置の視角特性を示す図



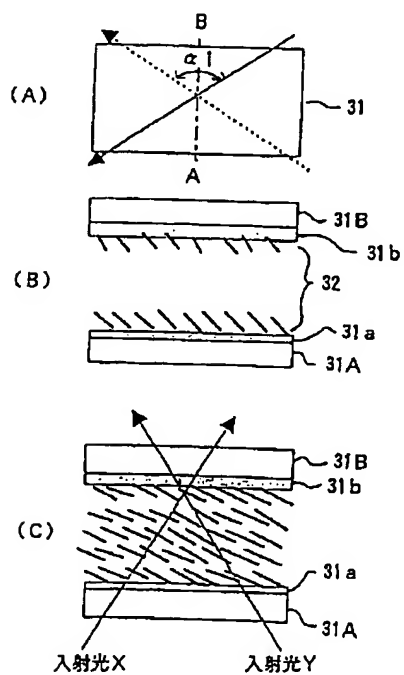
[Drawing 81]

図 80 の液晶表示装置の視角特性を示す図



[Drawing 82]

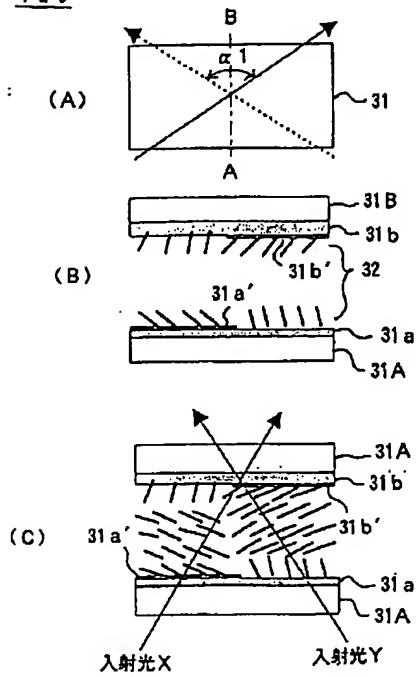
単一ドメイン構成を有する本発明による液晶表示装置の構成を示す図



[Drawing 83]

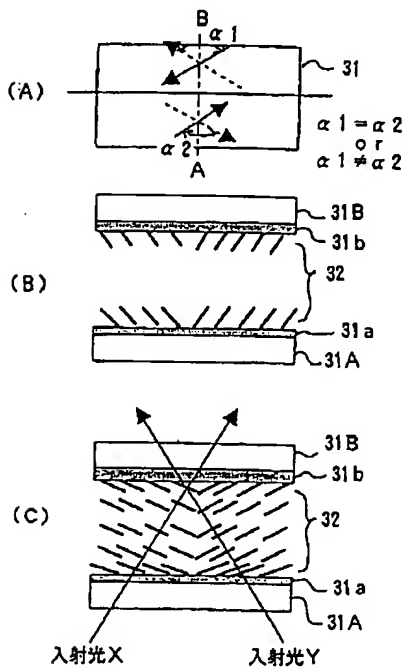
分割配向構成を有する本発明の第12実施例による  
液晶表示装置の構成を示す図

120



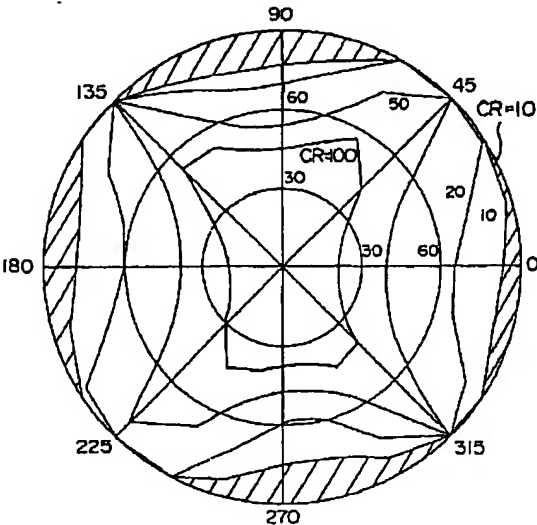
[Drawing 84]

図83の液晶表示装置の一変形例を示す図



[Drawing 85]

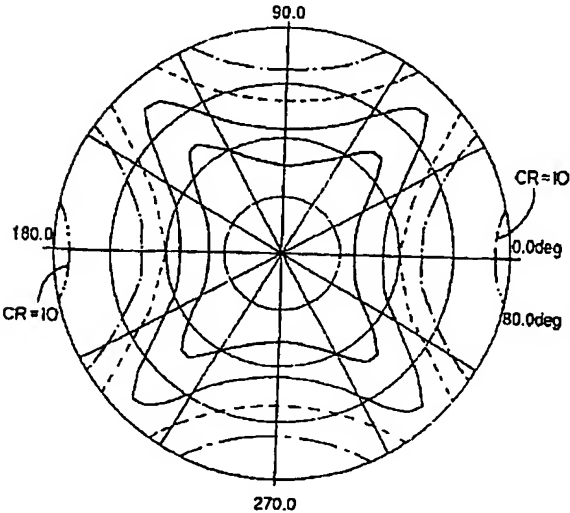
図 8 4 の液晶表示装置の視角特性を示す図



[Drawing 86]

図 8 4 の液晶表示装置の視角特性のシミュレーション結果を示す図

Contrast ratio	
—	500.000
- - -	200.000
· · ·	100.000
- · -	50.000
- · ·	10.000



[Translation done.]



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-131693

(P2000-131693A)

(43) 公開日 平成12年5月12日 (2000.5.12)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>  
G 0 2 F 1/13363

識別記号

F I  
G 0 2 F 1/13363

テマコード (参考)

審査請求 有 請求項の数 4 O L (全 40 頁)

(21) 出願番号 特願平11-338713  
(62) 分割の表示 特願平9-361165の分割  
(22) 出願日 平成9年9月30日 (1997.9.30)  
  
(31) 優先権主張番号 特願平8-259872  
(32) 優先日 平成8年9月30日 (1996.9.30)  
(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000005223  
富士通株式会社  
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号  
(72) 発明者 大室 克文  
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号 富士通株式会社内  
(72) 発明者 小池 善郎  
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号 富士通株式会社内  
(74) 代理人 100070150  
弁理士 伊東 忠彦

最終頁に続く

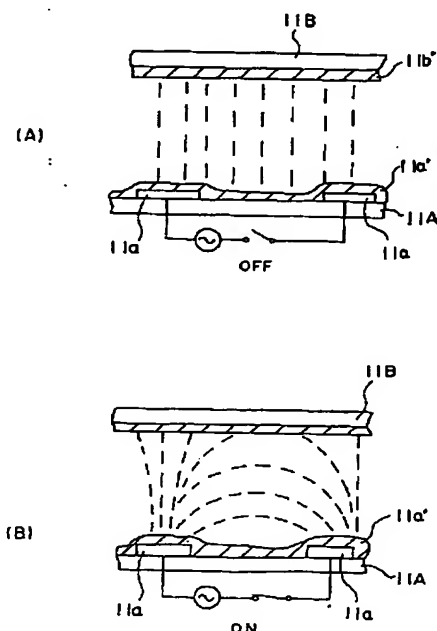
(54) 【発明の名称】 液晶表示装置

(57) 【要約】

【課題】 垂直配向モードの液晶表示装置において、コントラスト、視野角特性および応答特性を最適化する。

【解決手段】 第1および第2の基板の間に封止された液晶層を含み、前記液晶層に略平行な電界により状態を非駆動状態から駆動状態に変化させる垂直配向型液晶表示装置において、前記第1の基板とこれに隣接する第1の偏光板との間の第1の隙間と、前記第2の基板とこれに隣接する第2の偏光板との間の第2の隙間の少なくとも一方に、 $x$ 、 $y$ 、 $z$ の各方向への屈折率 $n_x$ 、 $n_y$ 、 $n_z$ について、 $n_x > n_y > n_z$  あるいは  $n_y > n_x > n_z$  となる、二軸性の位相差板を、前記位相差板の面内の遅相軸が、前記液晶層に対して前記位相差板と同じ側に配設された前記偏光板の吸収軸と略並行あるいは略垂直となるように配設する

正の誘電率異方性を有する液晶を使った本発明のVAモード液晶表示装置の動作を説明する図



(2)

1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 液晶層を挟持する第1および第2の基板と、前記第1の基板の、前記液晶層に接する側とは反対側に配設された第1の偏光板と、前記第2の基板の、前記液晶層に接する側とは反対側に配設された第2の偏光板とを備えた液晶表示装置において、

前記液晶層は、外部電界が印加されていない非駆動状態において前記第1および第2の基板に対して略垂直な第1の配向方向に配向する液晶分子を含み、

前記第1の基板は、駆動状態において前記液晶分子の配向方向が前記第1の配向方向から前記第1および第2の基板に平行な第2の配向方向に向かって変化するように作用する電界を形成する第1および第2の電極を担持し、

前記第1の基板と前記第1の偏光板との間の第1の隙間と、前記第2の基板と前記第2の偏光板との間の第2の隙間の少なくとも一方に、 $x$ 、 $y$ 、 $z$ の各方向への屈折率 $n_x$ 、 $n_y$ 、 $n_z$ について、 $n_x > n_y > n_z$ あるいは $n_y > n_x > n_z$ となる、二軸性の位相差板を、前記位相差板の面内の遅相軸が、前記液晶層に対して前記位相差板と同じ側に配設された前記偏光板の吸収軸と略並行あるいは略垂直となるように配設され、

前記液晶表示装置は、前記液晶分子の方向が、前記第1および第2の電極の間に形成された前記電界に応じて前記第1の方向から前記第2の方向に変化することにより、その状態を前記非駆動状態から駆動状態に変化させることを特徴とする液晶表示装置。

【請求項2】 前記位相差板は、位相差板の厚さを $d$ とした時に、 $|n_x - n_y| \cdot d$ で与えられる面内のリタデーションが、 $120\text{nm}$ 以下であることを特徴とする請求項1記載の液晶表示装置。

【請求項3】 前記位相差板の面内のリタデーションが $20\text{nm}$ 以上、 $60\text{nm}$ 以下であることを特徴とする請求項2記載の液晶表示装置。

【請求項4】 前記位相差板は、位相差板の厚さを $d$ とした時に、 $\{(n_x + n_y) / 2 - n_z\} \cdot d$ で与えられる厚さ方向のリタデーションが、前記液晶層のリタデーションの2倍以下であることを特徴とする請求項1記載の液晶表示装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、一般に液晶表示装置に関し、特に正あるいは負の誘電率異方性を有する液晶を、液晶表示装置のパネル面に対して略垂直方向に配向した、いわゆるVAモードで動作する液晶表示装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】液晶表示装置は、コンピュータをはじめとする様々な情報処理装置の表示装置として広く使われている。液晶表示装置は小型で消費電力が低いため、特

2

に携帯用途の情報処理装置に使われることが多いが、いわゆるデスクトップ型等、固定型の情報処理装置についても応用が検討されている。

【0003】ところで、従来の液晶表示装置では、正の誘電率異方性を有するp型液晶を、相互に対向する液晶表示装置の基板間に水平配向した、いわゆるTN（ツイストネマチック）モードのものが主として使われてきた。TNモードの液晶表示装置は、一方の基板に隣接する液晶分子の配向方向が、他方の基板に隣接する液晶分子の配向方向に対して $90^\circ$ ツイストしていることを特徴とする。

【0004】かかるTNモードの液晶表示装置では、すでに様々な液晶が開発され、安価な製造技術が確立しているが、高いコントラストを実現することが困難で、その結果、一般にかかるTNモードの液晶表示装置では、液晶パネルを構成する液晶分子に電界が印加されない非駆動状態において白色を、また前記液晶分子に電界が印加される駆動状態において黒色表示を行うように構成されている。これは、従来のTNモード液晶表示装置の場合、非駆動状態において液晶分子が液晶パネルの面に平行に配向し、駆動状態において液晶分子の配向方向が液晶パネルに略垂直に変化するが、実際には、駆動状態においても液晶パネルに隣接する液晶分子は水平配向を維持し、かかる水平配向をした液晶分子が形成する複屈折により、光が駆動状態においても液晶パネルをある程度通過してしまうためである。仮にかかるTNモードの液晶表示装置において、背景を黒で表示しようとしても、基板近傍の液晶分子が生じる複屈折の結果、背景の黒が実際には完全な黒にならず、光が漏れたり着色したりしてしまうという問題が生じる。このような事情で、従来のTNモードの液晶表示装置では、白色を背景色としていた。

【0005】これに対し、正あるいは負の誘電率異方性を有する液晶層を、液晶パネルを構成する一対の基板間に垂直配向あるいは垂直傾斜配向するように封入したVAモードの液晶表示装置では、非駆動状態において液晶分子が基板面に対して略垂直な配向を有するため、光は液晶層を、その偏光面をほとんど変化させることなく通過し、その結果基板の上下に偏光板を配設することにより、非駆動状態においてほぼ完全な黒色表示が可能である。換言すると、かかるVAモードの液晶表示装置は、TNモードの液晶表示装置では不可能な、非常に高いコントラストを容易に実現することができる。また、液晶分子に駆動電界を印加した駆動状態では、液晶分子は液晶パネル中においてパネル面に平行に配向し、入射する光ビームの偏光面を回転させる。ただし、VAモード液晶表示装置の駆動状態においては、水平配向した液晶分子は、一方の基板と他方の基板の間において、 $90^\circ$ ツイストを示す。このようにすることで、液晶層を通過する光の偏光面が回転する。

(3)

3

【0006】VAモード自体は古くから知られており、例えば負の誘電率異方性を示す液晶の物性についても、すでに D. de Rossi 等が報告している (J. Appl. Phys. s. 49(3), March 1978)。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかし、従来より、VAモードの液晶表示装置は、TNモードの液晶表示装置に比べてコントラスト比は優れていても、応答時間、視角特性や電圧保持率等の表示品質が劣るとされ、実用化に向けた真剣な研究・開発努力はあまりなされていなかった。特に、薄膜トランジスタ (TFT) を使ったアクティブマトリクス方式の液晶パネルの実現は困難であると信じられていた。

【0008】一方、VAモードの液晶表示装置では、従来のCRTに匹敵するコントラストが得られるため、特にデスクトップ型の表示装置への応用が考えられるが、このようなデスクトップ型の液晶表示装置は、大面積を有し応答が高速であることの他に、特に広い視野角が得られることが要求される。そこで、本発明は、上記の課題を解決した、新規で有用なVAモードの液晶表示装置を提供することを概括的目的とする。

【0009】本発明のより具体的な目的は、特に視野角およびコントラストについて最適化された、正または負の誘電率異方性を有する液晶を使ったVAモード液晶表示装置を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記の課題を、請求項1に記載したように、液晶層を挟持する第1および第2の基板と、前記第1の基板の、前記液晶層に接する側とは反対側に配設された第1の偏光板と、前記第2の基板の、前記液晶層に接する側とは反対側に配設された第2の偏光板とを備えた液晶表示装置において、前記液晶層は、外部電界が印加されていない非駆動状態において前記第1および第2の基板に対して略垂直な第1の配向方向に配向する液晶分子を含み、前記第1の基板は、駆動状態において前記液晶分子の配向方向が前記第1の配向方向から前記第1および第2の基板に平行な第2の配向方向に向かって変化するように作用する電界を形成する第1および第2の電極を担持し、前記第1の基板と前記第1の偏光板との間の第1の隙間と、前記第2の基板と前記第2の偏光板との間の第2の隙間の少なくとも一方に、 $x$ 、 $y$ 、 $z$ の各方向への屈折率 $n_x$ 、 $n_y$ 、 $n_z$ について、 $n_x > n_y > n_z$ あるいは $n_y > n_x > n_z$ となる、二軸性の位相差板を、前記位相差板の面内の遅軸が、前記液晶層に対して前記位相差板と同じ側に配設された前記偏光板の吸収軸と略並行あるいは略垂直となるように配設され、前記液晶表示装置は、前記液晶分子の方向が、前記第1および第2の電極の間に形成された前記電界に応じて前記第1の方向から前記第2の方向に変化することにより、その状態を前記非駆動

4

状態から駆動状態に変化させることを特徴とする液晶表示装置により、または請求項2に記載したように、前記位相差板は、位相差板の厚さを $d$ とした時に、 $|n_x - n_y| \cdot d$ で与えられる面内のリタレーションが、 $120\text{ nm}$ 以下であることを特徴とする請求項1記載の液晶表示装置により、または請求項3に記載したように、前記位相差板の面内のリタレーションが $20\text{ nm}$ 以上、 $60\text{ nm}$ 以下であることを特徴とする請求項2記載の液晶表示装置により、または請求項4に記載したように、前記位相差板は、位相差板の厚さを $d$ とした時に、 $\{(n_x + n_y) / 2 - n_z\} \cdot d$ で与えられる厚さ方向のリタレーションが、前記液晶層のリタレーションの2倍以下であることを特徴とする請求項1記載の液晶表示装置により、解決する。

【0011】以下、本発明の原理を説明する。図1は、本発明による液晶表示装置の基本的構成を示す。図1を参照するに、液晶表示装置10は相互に対向する一対のガラス基板11A、11Bと、その間に封入される液晶層12とより構成される液晶パネルを含み、前記液晶パネルの下方には矢印13aで示した方向に吸収軸を有する第1の偏光板 (ポラライザ) 13Aが、また上方には矢印13bで示した方向に吸収軸を有する第2の偏光板 (アナライザ) 13Bが配設される。

【0012】液晶層12を構成する液晶は、正または負の誘電率異方性を有する液晶であり、基板11A、11B間に電界を印加しない液晶パネルの非駆動状態において、下側基板11A近傍の液晶分子12aは基板11Aに対して略垂直に配向する。同様に、上側基板11B近傍の液晶分子12bは、基板11Bに対して略垂直に配向する。換言すると、液晶表示装置10は、いわゆるVAモードで動作する液晶表示装置を構成する。

【0013】図1の構成例では、下側基板11Aは、その長手方向から反時計回り方向に約 $22.5^\circ$ オフセットした方向にラビングされた第1の配向膜 (図示せず) を上主面に担持し、液晶分子の配向方向を示すダイレクタは、液晶分子12aについては、かかる第1の配向膜のラビング方向から上方に、約 $89^\circ$ の角度で傾いた方向をポイントする。同様に、下側基板11Bは、その長手方向から時計回り方向に約 $22.5^\circ$ オフセットした方向にラビングされた第2の配向膜 (図示せず) を下主面に担持し、液晶分子の配向方向を示すダイレクタは、液晶分子12bについては、かかる第2の配向膜のラビング方向から下方に、約 $89^\circ$ の角度で傾いた方向をポイントする。すなわち、液晶層12中において、液晶分子は上下の基板11A、11Bの間で $45^\circ$ のツイスト角を形成する。ただし、図1に示すように基板11A、11Bから液晶パネルを形成する際、基板11A、11Bはラビング方向が互いに $45^\circ$ の角度で対向するような向きに組み合わせられる。

【0014】基板11Aおよび11Bよりなる液晶パネ

(4)

5

ルの下側には、吸収軸13aを有するポラライザ13Aが配設され、下方から入射する光を吸収軸13aに直交する方向に偏光させる。同様に、液晶パネルの上側には、吸収軸13bを有するアナライザ13Bが配設され、液晶パネルを通過した光を、吸収軸13bに直交する方向に偏光させる。従って、ポラライザ13Aおよびアナライザ13Bが、吸収軸13a、13bが互いに直交するように配置されている場合、ポラライザ13Aで偏光した光が液晶パネルをそのまま偏光面の変化なしに通過すると、かかる光はアナライザ13Bにより遮断され、黒表示が得られる。

【0015】基板13Aの外側および基板13Bのそれぞれの配向膜の内側には透明電極（図示せず）が形成されるが、電極に駆動電圧を印加しない非駆動状態では、液晶層12中の液晶分子は、液晶分子12aあるいは12bのように、基板面に対して略垂直に配向し、その結果液晶パネルを通過する光の偏光状態はほとんど変化しない。すなわち、前記液晶表示装置10では、非駆動状態において理想的な黒表示を実現する。これに対し、駆動状態では、液晶分子は基板面に略平行に傾斜し、液晶パネルを通過する光はかかる傾斜した液晶分子により偏光状態を変化させる。換言すると、液晶表示装置10では、駆動状態において白表示が得られる。

【0016】図2(A)は、かかる液晶表示装置10について、ポラライザ13Aおよびアナライザ13Bの吸収軸13a、13bの角度 $\phi$ 、 $\theta$ を様々に変化させた場合のコントラスト比を示す。ただし、角度 $\phi$ 、 $\theta$ は、図2(B)の平面図に示すように定義され、コントラスト比は、非駆動状態（駆動電圧0V）と5Vの駆動電圧を印加した状態を比較したものである。図2(A)の例では、液晶層12を構成する液晶として、 $\Delta n = 0.0813$ 、 $\Delta \epsilon = -4.6$ のもの（例えばメルクジャパン社より商品名MJ95785として入手可能な液晶製品）を使い、偏光板13A、13Bとしては市販のもの、例えば日東電工製のG1220DUを使った。また、液晶セルの厚さ、すなわち液晶層12の厚さdは $3.5\mu\text{m}$ に設定してある。ただし、 $\Delta n = n_e - n_o$ であり、 $n_e$ 、 $n_o$ は、それぞれ液晶中における異常光および正常光の屈折率である。また、 $\Delta \epsilon$ は誘電率異方性を表す。

【0017】まず図2(B)を参照するに、この図は液晶表示装置10における液晶分子のツイスト角、およびツイストの中心線に対するポラライザ吸収軸13aのなす角度 $\phi$ 、さらに前記ツイストの中心線に対するアナライザ吸収軸13bのなす角度 $\theta$ を示す。ただし、図2

(B)の平面図では、ツイスト角およびその中心線を明確に示すために、図1の表示とは異なり、液晶表示装置10を、上側基板11Bの向きを $180^\circ$ 反転させ、下側基板11Aの向きと同じ方向になるように示してある。

【0018】図2(A)を参照するに、液晶表示装置1

6

0のコントラスト比は、ポラライザ13Aおよびアナライザ13Bが直交ニコル状態、すなわち吸収軸13aと吸収軸13bとが直交する状態において極大になり、特に $\phi = 45^\circ$ 、すなわち図2(B)の $0^\circ - 180^\circ$ を結ぶ直線に対応するツイスト中心線を基準としたポラライザ吸収軸13aのなす角度が $45^\circ$ の状態において、コントラストが最大になることがわかる。かかる直交ニコル状態では、同じくツイスト中心線を基準としたアナライザ吸収軸13bのなす角度は $135^\circ$ になる。また、同様な最大コントラストは、図2(B)において角度 $\phi$ および $\theta$ をそれぞれ $-45^\circ$ および $-135^\circ$ に設定しても得られるのは明らかである。この場合には、図1において吸収軸13aの前記ツイスト中心線に対してなす角度が $135^\circ$ 、また吸収軸13bの前記ツイスト中心線に対してなす角度が $45^\circ$ となる。

【0019】図2(A)よりわかるように、本発明による液晶表示装置10においては、 $\phi$ 、 $\theta$ のいずれの設定においても700を越えるコントラスト比が得られるが、この結果は、高々100程度のコントラスト比しか得られない通常のツイストネマチック(TN)液晶表示装置に対するVA液晶表示装置の優位性を示すものである。

【0020】図3(A)～(D)は、図1の液晶表示装置10の動作特性を説明する図である。ただし、液晶および偏光板は、先に説明したものを使っている。このうち、図3(A)は、液晶表示装置10に印加される電圧パルスの波形を示す波形図であり、図3(B)は図3

(A)の電圧パルスに対応して生じる液晶表示装置10の透過率の変化を、液晶層12にカイラル材を添加しなかった場合および添加した場合について、それぞれ実線および破線で示す。ただし、図3(B)の結果は、液晶セルの厚さdを $3.5\mu\text{m}$ に設定したもののについてのもので、液晶分子のツイスト角は、先に説明したように $45^\circ$ としてある。図示の例では、カイラル材のピッチpは、液晶層12の厚さdに対する比 $d/p$ が0.25になるように設定してある。図3(B)よりわかるように、カイラル材を添加しなかった場合には、液晶表示装置10は、印加電圧パルスに対応した実質的に一定の高い光透過率を示すが、液晶層12にカイラル材を添加した場合には、液晶表示装置10の透過率は、時間と共に減少することがわかる。換言すると、VAモードの液晶表示装置10では、TNモードの液晶表示装置で一般的に使われているカイラル材の添加は、好ましくない動的応答特性の劣化をもたらす。

【0021】図3(C)は、液晶セルの厚さdを $3.5\mu\text{m}$ とした液晶表示装置10において、液晶分子のツイスト角を $0^\circ \sim 90^\circ$ の範囲で変化させた場合について、動的透過率特性の変化を示す。図3(C)よりわかるように、図3(A)の入力パルスに伴う動的透過率特性は、液晶分子のツイスト角によってはほとんど影響さ

(5)

7

れない。かかるツイスト角の制御は、基板11A, 11B上の分子配向膜のラビング方向を制御することによりなされる。

【0022】図3(D)は、液晶セルの厚さ $d$ を4.5 $\mu\text{m}$ から2.5 $\mu\text{m}$ の範囲で変化させた場合の動的透過率特性の変化を示す。図3(D)よりわかるように、図3(A)の入力パルスに伴う透過率はセル厚 $d$ が減少するとともに減少するが、応答速度を示す指標、すなわちオン時には透過率が0%から飽和値(透過率=100%)の90%に達するまでの時間 $T_{\text{ON}}$ 、またオフ時には透過率が飽和値から10%に下がるまでの時間 $T_{\text{OFF}}$ が、セル厚が減少する程減少し、従って応答速度は増大することがわかる。特に、セル厚 $d$ を2.5 $\mu\text{m}$ 以下に設定すると、動的透過率特性曲線の立ち上がりおよび立ち下がりが非常に急峻になる。

【0023】図4(A), (B)は、図1の液晶表示装置において、液晶層12に負の誘電率異方性を有する液晶を使った場合の構成を示す。図4(A), (B)を参照するに、ガラス基板11A上には電極パターン11aおよび分子配向膜11a'が、またガラス基板11B上には電極パターン11bおよび分子配向膜11b'が形成され、分子配向膜11a'と11b'の間に液晶層12が挟持される。

【0024】このうち、図4(A)の状態は、電極パターン11aと電極パターン11bとの間には駆動電圧が印加されない非駆動状態を示すが、かかる非駆動状態では、液晶分子は、分子配向膜11a'および11b'の作用により、基板主面に対して実質的に垂直に配向する。次に、前記電極パターン11a, 11b間に駆動電圧を印加すると、図4(B)に示すように、負の誘電率異方性を有する液晶分子は駆動電界に対して略直交する水平方向に配向する。

【0025】図5(A), (B)は、図1のVATモード液晶表示装置において、液晶層12に正の誘電率異方性を有する液晶を使った場合の構成を示す。ただし、先に説明した部分に対応する部分には同一の参照符号を付し、説明を省略する。図5(A), (B)の構成では、電極パターンは基板11B上には形成されず、基板11A上にも、一対の隣接する電極パターン11aが形成されている。

【0026】図5(A)に示す非駆動状態においては、液晶分子は分子配向膜の作用により、図4(A)と同様に、基板主面に対して略垂直に配向しているが、図5(B)に示す駆動状態においては、前記一対の電極の間に形成される電界に沿って、やはり略水平に配向する。図6は、図1の液晶表示装置10の視角特性をさらに改善するために、図1において、基板11A, 11Bおよびその間に封入された液晶層12よりなる液晶パネル11の一方に、位相差補償フィルム14Aを挿入した構成の液晶表示装置20を示す。

8

【0027】図6を参照するに、位相差補償フィルム14Aは、 $z$ 方向に負のリタデーション $\Delta n \cdot d_1$  ( $\Delta n = n_y - n_z = n_x - n_z$ ;  $n_x, n_y, n_z$ はそれぞれ屈折率楕円体の主軸 $x, y, z$ 方向の屈折率、 $d_1$ はリタデーションフィルムの厚さ)を有し、それぞれ液晶パネル11とボラライザ13Aとの間に配設され、液晶パネル11を通過する光の複屈折を補償する。

【0028】図7~22は、かかる位相差補償フィルム14Aを設けられた液晶表示装置20の視角特性を、フィルム14Aのリタデーション $R'$ の大きさを様々に変化させた場合について示す。ただし、図7~22において、円周方向の角度値 $0.0^\circ, 90.0^\circ, 180.0^\circ$ および $270.0^\circ$ はそれぞれの方角を、また同心円はパネル正面方向を $0^\circ$ として測った視角を、 $20^\circ$ 間隔で示す。従って、図示では最外周の同心円が $80.0^\circ$ の視角を表す。また、各等高線は、コントラスト比 $CR$ が500.0, 200.0, 100.0, 50.0および10.0の等コントラスト線を表す。

【0029】図7~22のいずれの場合においても、液晶層12としては、例えばメルクジャパン社製のMJ941296等、負の誘電率異方性を有する液晶を使い、また視角特性は0V/5Vの駆動電圧パルスを液晶パネルに印加した場合のものである。しかし、同様の視角特性は、液晶層12として、正の誘電率異方性を示す液晶を使った場合にも得られる。従って、図7~22の結果は、図4(A), (B)に示す負の誘電率異方性を有する液晶を使ったVAモード液晶表示装置に対しても、また図5(A), (B)に示す正の誘電率異方性を有する液晶を使ったVAモード液晶表示装置に対しても、等しく成立する。

【0030】特に、図7~16においては、液晶パネル11の複屈折 $\Delta n$ を0.0804、セル厚 $d$ を3 $\mu\text{m}$ 、さらに液晶分子のツイスト角を $45^\circ$ 、またプレチルト角を $89^\circ$ とした。この場合、液晶パネル11のリタデーション $\Delta n \cdot d$ は241nmとなる。図7の例では、リタデーション $R'$ は108nmで、液晶パネルのリタデーション値241nmに対する比率 $R' / \Delta n \cdot d$ は0.45となるのに対し、図8の例では、リタデーション $R'$ は144nmで、前記比率 $R' / \Delta n \cdot d$ は0.6となっている。さらに、図9の例では、リタデーション $R'$ は180nmで前記比率 $R' / \Delta n \cdot d$ は0.75に、図10の例では、リタデーション $R'$ が198nmで前記比率 $R' / \Delta n \cdot d$ が0.82に、図11の例では、リタデーション $R'$ が216nmで前記比率 $R' / \Delta n \cdot d$ が0.90に、図12の例では、リタデーション $R'$ が234nmで前記比率 $R' / \Delta n \cdot d$ が0.97に、図13の例では、リタデーション合計値 $R'$ が252nmで前記比率 $R' / \Delta n \cdot d$ が1.05に、図14の例では、リタデーション $R'$ が270nmで前記比率 $R' / \Delta n \cdot d$ が1.12に、図15の例では、リ

(6)

9

タデーション $R'$ が288nmで前記比率 $R'/\Delta n \cdot d$ が1.20に、さらに図16の例では、リタデーション $R'$ が324nmで前記比率 $R'/\Delta n \cdot d$ が1.34になっている。

【0031】図7～16を参照するに、液晶表示装置20は、特に図11あるいは図12に示す、比率 $R'/\Delta n \cdot d$ が1近傍(0.97～1.05)の範囲で、特に優れた視角特性を示すことがわかる。換言すると、図7～16の結果は、液晶パネル11に隣接して、リタデーション値が液晶パネルのリタデーション値に略等しい位相差補償フィルム14Aを配設することにより、液晶表示装置20の視角特性が著しく改善されることを示す。

【0032】以上に説明した結果は、図6の構成において、液晶パネル11の上方に、前記位相差補償フィルム14Aとは別の位相差補償フィルム14Bを配設した場合にも成立する。ただし、この場合、前記リタデーション $R'$ は、位相差補償フィルム14Aと位相差補償フィルム14Bの合計値となる。図17～22は、図6の構成において、位相差補償フィルム14Aおよび/または14Bの合計リタデーション $R'$ を、液晶パネル11のリタデーション $\Delta n \cdot d$ に略一致させ、液晶パネル11中の液晶層12の厚さ $d$ を変化させた場合の視角特性を示す。ただし、図17～22において、CR=1.0で表した等高線は、コントラスト比1.0が得られる視角を示す。

【0033】図17～22よりわかるように、厚さ $d$ が1 $\mu\text{m}$ 、従って液晶パネル11のリタデーション $\Delta n \cdot d$ が82nm、あるいはそれ以下になると視角特性が明らかに劣化し、また、厚さ $d$ が5 $\mu\text{m}$ 、従って液晶パネル11のリタデーション $\Delta n \cdot d$ が410nm以上になると視角特性が再び劣化する。このことから、図6の液晶表示装置20において、液晶パネル11のリタデーションは、約80nm以上、より好ましくは82nm以上で、約400nm以下、より好ましくは410nm以下に設定するのが好ましいことがわかる。同様な結論は、図4(A)、(B)に示す負の誘電率異方性液晶を使った液晶表示装置に対してのみならず、図5(A)、

(B)に示す正の誘電率異方性液晶を使った液晶表示装置に対しても、等しく適用される。

【0034】図23～28は、液晶層12の厚さ $d$ を様々に変化させた場合の、図6の液晶表示装置20の正面方向への透過率を、三原色を構成するそれぞれの色(B=青、G=緑、R=青)について示したものである。ただし、透過率は、印加電圧を、0Vから6Vまで変化させながら測定した。図23～26よりわかるように、液晶層の厚さ $d$ が1 $\mu\text{m}$ ( $\Delta n \cdot d=82\text{nm}$ )以下だと、6Vの駆動電圧を印加しても、透過率は、いずれの色においても非常に低い(図23)。

【0035】これに対し、液晶層の厚さ $d$ を1 $\mu\text{m}$ 以上に増大させると、前記三原色の各色共、液晶表示装置駆

10

動時の透過率は大きく増大し、特に図26、27に示すように、前記液晶層12の厚さ $d$ を4～5 $\mu\text{m}$ とした場合には、駆動電圧パルスの大きさを約4Vに設定することにより、R、G、Bの各色について、ほぼ同じ透過率を実現される。

【0036】一方、液晶層 $d$ の厚さをさらに増大させ、図28に示すように6 $\mu\text{m}$ あるいはそれ以上に設定した場合、R、G、Bの各色について略等しい透過率が得られる駆動電圧は、3Vよりやや低いあたりであるが、この場合には、R、G、Bの各色に対する透過率が略等しくなる駆動電圧の範囲が図26あるいは図27におけるよりも狭まってしまう。換言すると、図28の構成では、駆動電圧のわずかな変動で白表示が着色してしまう問題が生じる。しかし、実際に量産される液晶表示装置において、厳密な駆動電圧の制御は困難である。

【0037】このことから、図6の液晶表示装置において、液晶層12の厚さ $d$ は、1 $\mu\text{m}$ 以上、6 $\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。これに伴い、液晶層12のリタデーションは、約80nm以上、約400nm以下であるのが好ましい。同様な結論は、図4(A)、(B)に示す負の誘電率異方性液晶を使ったVAモード液晶表示装置に対してのみならず、図5(A)、(B)に示す正の誘電率異方性液晶を使ったVAモード液晶表示装置に対しても、等しく適用される。

【0038】図29～32は、図6の液晶表示装置において、極角を+80°から-80°まで変化させた場合に観測される色変化を、各方位角について示す。ただし、図29～32は、観測された色変化を、CIE(1931)標準表色系にプロットした図である。図29～32中、太実線は方位角が0°の場合を、細実線は方位角が45°の場合を、また破線は方位角が90°の場合を示す。

【0039】まず、図29を参照するに、液晶層12の厚さ $d$ を1 $\mu\text{m}$ 、従って液晶パネル11のリタデーション $\Delta n \cdot d$ を82nmとした場合、極角、方位角のいずれが変化しても、観測される色の変化はわずかである。しかし、図30に示すように、液晶層12の厚さ $d$ が3 $\mu\text{m}$ ( $\Delta n \cdot d=246\text{nm}$ )とした場合には、色変化はやや大きくなる。ただ、図30の場合には、色変化の方位角依存性はまだ観測されない。

【0040】これに対し、液晶層12の厚さ $d$ を4 $\mu\text{m}$ ( $\Delta n \cdot d=328\text{nm}$ )とした図31の場合には、液晶表示装置20の生じる色変化はさらに大きくなり、また方位角が90°である場合と、0°あるいは45°である場合とで、異なった色変化が観測されるようになる。さらに、図32に示すように液晶層12の厚さ $d$ を5 $\mu\text{m}$ ( $\Delta n \cdot d=410\text{nm}$ )に設定した場合、あるいは図33に示すように、厚さ $d$ を6 $\mu\text{m}$ ( $\Delta n \cdot d=492\text{nm}$ )に設定した場合には、観測される色変化は非常に大きくなる。



(7)

11

【0041】図29～33の結果は、VAモードの液晶表示装置を、広視野角が要求されるフルカラー液晶表示装置に適用する場合には、液晶層12のリタデーション  $\Delta n \cdot d$  を約300nm以下、例えば図28と29の中間の280nm程度に設定するのが好ましいことを示している。同様な結論は、図4(A)、(B)に示す負の誘電率異方性液晶を使ったVAモード液晶表示装置に対してのみならず、図5(A)、(B)に示す正の誘電率異方性液晶を使ったVAモード液晶表示装置に対しても、等しく適用される。

【0042】さらに、本発明の発明者は、図6の液晶表示装置20において、液晶層12の上面と下面との間で液晶分子が形成するツイスト角が、視角特性に与える影響を、液晶層12の厚さdを3 $\mu$ mに設定して調べた。図34～36は、それぞれツイスト角を0°、90°、180°とした場合の視角特性を示す。図34～36よりわかるように、ツイスト角による視角特性の実質的な変化はほとんど見られない。同様な関係は、図4

(A)、(B)に示す負の誘電率異方性液晶を使ったVAモード液晶表示装置に対しても、また図5(A)、(B)に示す正の誘電率異方性液晶を使ったVAモード液晶表示装置に対しても、等しく成立する。

【0043】また、図6以降を参照して説明した以上の実験では、液晶表示装置20を構成する液晶層12に対し、通常のTNモード液晶表示装置では一般的に行われているカイラル材の添加は、一切行っていない。図37は、液晶としてメルクジャパン社製液晶MX941296 ( $\Delta n = 0.082$ ,  $\Delta \epsilon = -4.6$ ) を使い、偏光板として日東電工のG1220DUを使った場合の、図6の液晶表示装置20が黒表示モードにおいて示す透過率を、90°の方位角において極角を0°から80°まで変化させた場合について示す。ただし、液晶層12の厚さdは3.5 $\mu$ mとした。この場合、液晶層12が形成するリタデーション  $\Delta n \cdot d$  は287nmとなる。

【0044】図37よりわかるように、位相差補償フィルム14Aのリタデーション値R'を、液晶層12のリタデーションに等しい287nm近傍に設定することにより、黒表示モードにおける透過率を最小化することができる。同様な関係は、図4(A)、(B)に示す負の誘電率異方性液晶を使ったVAモード液晶表示装置に対しても、また図5(A)、(B)に示す正の誘電率異方性液晶を使ったVAモード液晶表示装置に対しても、等しく成立する。

【0045】本発明の発明者は、さらに、VAモード液晶表示装置において、カイラル材の添加が視角特性に与える影響を検討した。VAモードの液晶表示装置では、駆動電圧を印加しない非駆動状態では液晶分子は図38(A)に概略的に示すように略垂直配向しているため、視角特性に対するカイラル材の効果は顕著には現れないが、図38(B)に示す液晶分子が水平配向する駆動状

12

態では、カイラル材によるカイラルピッチの規制による、何らかの効果が現れると考えられる。図38(B)の状態では、液晶分子は、カイラル材により、液晶層の厚さ方向に、カイラル材のカイラルピッチpおよび液晶層の厚さdで決まる一様なツイスト角でツイストする。これに対し、カイラル材を添加しない場合には、図39(A)に示すように、非駆動状態における液晶分子の配向はカイラル材を添加した図38(A)の場合と同じでも、駆動状態においては、カイラル材によるカイラルピッチの規制が存在しないため、液晶分子のツイストが不均一になる。すなわち、図39(B)に示すように、液晶分子のツイストは、上下基板にそれぞれ担持されている分子配向膜の近傍では生じるものの、液晶層12の厚さ方向上中央部の領域(図39(B)中の領域C)では、液晶分子のツイストはほとんど生じない。

【0046】図40は、図6の液晶表示装置20において、液晶層12の厚さdを3 $\mu$ mとし、さらに液晶分子のツイスト角を90°とした場合について、カイラル材を添加してd/p比を0.25とした場合の視角特性を示す。図40の視角特性は、同じ構成の液晶表示装置においてカイラル材を添加しなかった場合の視角特性を示す図34と比較すると、コントラスト比が10以上の領域が減少していることがわかる。すなわち、VAモードの液晶表示装置では、視角特性の点からも、カイラル材を添加しないのが好ましいことが結論される。

【0047】図40、41は、同じく、液晶層12の厚さdを3 $\mu$ m、液晶分子のツイスト角を90°とした場合の液晶表示装置20の、液晶パネル正面方向へのR、G、B各色の輝度特性を示す。ただし、図41は、カイラル材を添加した場合を、また図41はカイラル材を添加しなかった場合を示す。明らかに、カイラル材を添加することにより、液晶表示装置の輝度が低下することがわかる。これは、カイラル材を添加した場合、駆動状態において図38(B)に示すように、一様な液晶分子のツイストが生じるのに対し、カイラル材を添加しなかった場合、図39(B)に示すように、液晶表示装置の駆動状態において、液晶分子がツイストしない領域Cが形成され、この領域Cでは、光ビームは偏光面を効率よく変化させるためであると考えられる。すなわち、VAモードの液晶表示装置では、輝度特性の点からも、カイラル材を添加しないのが好ましいことが結論される。同様の結論は、図4(A)、(B)に示す負の誘電率異方性液晶を使ったVAモード液晶表示装置に対しても、また図5(A)、(B)に示す正の誘電率異方性液晶を使ったVAモード液晶表示装置に対しても、等しく適用される。

【0048】本発明の発明者は、さらに、図6の液晶表示装置20において、液晶分子のプレチルト角を変化させて、視角特性の変化を調べた。その結果を図43～47に示す。ただし、図43はプレチルト角を89.99

(8)

13

°に設定した場合を、図44はプレチルト角を85°に設定した場合を、図45はプレチルト角を80°に設定した場合を、また図46はプレチルト角を75°に設定した場合を示す。さらに、図47は、標準的なTNモード液晶表示装置の視角特性を示す。

【0049】図43～47を参照するに、プレチルト角が実質的に90°になっている図43の場合には最も広い視野角が実現されているのに対し、プレチルト角が減少するにつれて視野角も減少し、図46に示すプレチルト角が75°の場合には、図47に示す標準的なTNモード液晶表示装置の視野角と同等になってしまう。このことから、VAモードの液晶表示装置においては、液晶分子のプレチルト角を75°以上、好ましくは87°以上、より好ましくは89°以上に設定することが好ましい。以上の結果は、図4(A)、(B)に示す負の誘電率異方性液晶を使ったVAモード液晶表示装置に対しても、また図5(A)、(B)に示す正の誘電率異方性液晶を使ったVAモード液晶表示装置に対しても、等しく成立する。

【0050】

【発明の実施の形態】[実施例1] 図48は、本発明の第1実施例による液晶表示装置30の構成を示す断面図である。図48を参照するに、ITOよりなる透明電極31a'およびラビング処理を行った配向膜31aを担持するガラス基板31Aと、同じくITO電極31b' \*

14

\*および同様なラビング処理を行った配向膜31bを担持するガラス基板31Bとが、ポリマー球31Cをスペーサとして、配向膜31a、31bが相互に対向するような向きに合わせられ、シール材(図示せず)によりシールされ、液晶パネルが形成される。さらに、前記液晶パネル中において、前記配向膜31aおよび31bで画成された空間内に、正あるいは負の誘電率異方性を有する液晶、例えばメルクジャパン社製液晶MJ941296 ( $\Delta n = 0.0804$ ,  $\Delta \epsilon = -4$ )を真空注入法により封入し、液晶層32を形成する。かかる構成では、液晶層32の厚さ、すなわちセル厚dは、ポリマーのスペーサ球31Cの径により決定される。

【0051】さらに、このようにして形成された液晶パネルの上下それぞれに位相差補償フィルム33A、33Bが配設され、また位相差補償フィルム33Aの下側には、ボラライザ34Aが、また位相差補償フィルム33Bの上側にはアナライザ34Bが、先に図1あるいは図6に示したような、ツイスト中心線を基準とした方位に形成される。すなわち、図48の液晶表示装置は、図6の構成において、液晶パネル11とアナライザ13Bとの間に第2の位相差補償フィルムを設けた場合に相当する。

【0052】

【表1】

パネルNo	セル厚 d ( $\mu\text{m}$ )	測定温度 25℃						
		T <sub>on</sub> (ms)	T <sub>off</sub> (ms)	視角範囲 CR $\geq$ (°)				av.
				0°	90°	180°	-90°	
OM480	3.75	13.56	9.04	41	54	48	54	49.25
OM482	3.00	8.79	5.71	42	58	52	58	52.50
OM484	2.60	7.81	4.45	42	60	52	60	53.50

表1は、ツイスト角を45°に設定した液晶表示装置30において、液晶層32の厚さdを様々に変化させた場合の、各々の液晶表示装置の動作特性および視角特性の、25°Cにおける評価結果を示す。ただし、表1には、配向膜31a、31bとして日産化学製の垂直配向材RN783を使い、偏光板34A、34Bとして日東電工製のG1220DU偏光板あるいは住友化学製のSK-1832AP7偏光板を使った場合の結果を示す。また、表1の液晶表示装置では、図48に示した位相差補償フィルム33A、33Bは省略してあるが、偏光板の保護フィルムがある程度のリターデーション補償作用を行う。例えば、前記G1220DU偏光板に付随する保護フィルムは大きさが約44nmの負のリターデーションを示し、また前記SK-1832AP7偏光板に付随する保護フィルムは大きさが約50nmの負のリターデーションを示す。また、液晶層32にはカイラル材は一切添加していない。

【0053】表1を参照するに、液晶層32の厚さdが

減少するに伴って立ち上がり時間T<sub>on</sub>および立ち下がり時間T<sub>off</sub>が減少し、液晶表示装置の応答速度が改善されることがわかる。また、前記液晶層の厚さdが減少するに伴って、コントラスト比10以上を与える視角範囲が増大する。ただし、先にも説明したように、液晶層の厚さが減少すると輝度が低下するため、先に説明したように、液晶層32の厚さは、リタデーション $\Delta n \cdot d$ が約80～約400nmの範囲に納まるように設定する必要がある。

【0054】前記約44あるいは50nmの負のリタデーションを有する偏光板保護フィルムは、一般にトリアセテートセルロース(TAC)よりなり、TACフィルムと称する。かかるTACフィルムは非常にリタデーションが小さいため、一般的なTNあるいはSTN液晶表示装置では、光学的特性がほとんど影響されないため、従来のTNあるいはSTN液晶表示装置において、偏光板の保護フィルムとして広く使われている。典型的なTACフィルムは、面内に5～15nmの正のリタデーション



(9)

15

ョンRを有し、また厚さ方向に38~50nmの負のリタデーションR'を有する。またリタデーションR、R'の大きさは、フィルムの膜厚を変化させることにより変化させることができる。

【0055】しかし、今回、本発明の発明者は、VAモードの液晶表示装置では、このようなTACフィルムのわずかのリタデーションでも視角特性あるいはコントラスト比に影響が出ること、従ってTACフィルムのリタデーションの最適化が必要であること、さらにかかる最適化により、液晶表示装置の視角特性をさらに向上させることができることを見出した。ただし、偏光板外側のTACフィルムは、液晶表示装置の光学特性を変化させることはない。

【0056】従来のTNあるいはSTNモード液晶表示装置では、TACフィルムはその遅相軸が、隣接する偏光板の吸収軸に平行になるように配置されるが、後ほど説明するように、本発明では、TACフィルムを、その遅相軸が隣接する偏光板の吸収軸に直交するように配設するのが好ましいことが明らかになった。このような場合、位相差補償フィルムの実効的なリタデーションは、位相差補償フィルムの正のリタデーションから、TACフィルムの正のリタデーションを引いた値となる。従って、このようなTACフィルムを有する標準的な偏光板を使う場合は、位相差補償フィルムのリタデーションを、理論的な最適値よりも、液晶パネルの上下に配設された2枚のTACフィルムのリタデーションの分だけ、予め大きくしておく必要がある。逆に、TACフィルムを、その遅相軸が隣接する偏光板の吸収軸に平行に配設する場合には、位相差補償フィルムの実効的なリタデーションは、TACフィルム2枚分のだけ増加する。このため、位相差補償フィルム委のリタデーションを、理論的な最適値に対してTACフィルム2枚分の正リタデーションの分だけ予め小さくしておく必要がある。

【0057】図49(A)、(B)は、図48の構成の液晶表示装置において、セル厚dを3 $\mu$ m、ツイスト角を45°とした場合の視角特性を示す。ただし、図49の例ではカイラル材は添加しておらず、また液晶には前記MJ941296を、偏光板にはG1220DUを使っている。ただし、図49(A)、(B)の結果は、偏光板34A、34Bが位相差補償フィルム33B、34Bを兼用した場合についてのものである。

【0058】図49(A)中、コントラスト比が10以上の領域を白色で示すが、白色の領域は非常に広く、非常に広い視角特性が得られていることがわかる。また、図49(B)よりわかるように、かかる液晶表示装置では、正面方向において2000近いコントラスト比が得られる。図50(A)、(B)は、図48の液晶表示装置において、市販の位相差補償フィルム(住友化学製VACO)を位相差補償フィルム33A、33Bとして使った場合の視角特性を示す。ただし、液晶パネルは、2

16

41nmのリタデーション値 $\Delta n \cdot d$ を有するため、偏光板34A、34Bおよび位相差補償フィルム33A、33Bの合計リタデーション値R'の大きさを、前記241nmに近い218nmに設定している。

【0059】図50(A)よりわかるように、この場合コントラスト比が10を越える視野角領域は、図49

(A)の場合よりもさらに拡大し、またパネル正面方向のコントラスト比も、図50(B)に示すように4000に達することがわかる。先に、図43~47に関連して、プレチルト角が75°以下になると、VAモード液晶表示装置では、視角特性が従来のTNモード液晶表示装置程度に劣化することを説明したが、図48のような、液晶層32の上下に位相差補償フィルム34A、34Bを有する構成では、プレチルト角が75°においても、図51に示すように、コントラスト比10(CR=10)を与える領域は広くなり、液晶表示装置として満足できる視角特性が得られる。ただし、図51は、液晶層32の厚さが3 $\mu$ m、ツイスト角が45°、プレチルト角が75°の場合についてのものである。

【実施例2】次に、本発明の第2実施例による液晶表示装置について説明する。

【0060】本実施例では、図48の構成を有する液晶表示装置において、液晶として、先のMJ941296の代わりに同じメルク社製のMX95785( $\Delta n=0.0813$ ,  $\Delta \epsilon=-4.6$ )を使う。その他の構成は図48の装置と同じであるため、装置の構成についての説明は省略する。図52は、液晶層32のセル厚dを3 $\mu$ mとした場合の本実施例による液晶表示装置の立ち上がり特性を、ツイスト角を0°、45°および90°とした場合について示す。この例では、液晶層32中にカイラル材は添加していない。図52よりわかるように、立ち上がり時間 $T_{ON}$ は、ツイスト角が0°の場合を除き、印加電圧が4~8Vの範囲で10ms前後であり、液晶表示装置は非常に優れた立ち上がり特性を有することがわかる。これに対し、TNモードの液晶表示装置では、立ち上がり時間 $T_{ON}$ は一般に20ms以上である。

【0061】図53は、セル厚dを同じく3 $\mu$ mとした場合の本実施例による液晶表示装置の立ち下がり特性を、ツイスト角を0°、45°および90°とした場合について示す。この例でも、液晶層32中にカイラル材は添加していない。図53よりわかるように、立ち下がり時間 $T_{OFF}$ は、いずれのツイスト角においても、5ms前後であり、液晶表示装置は非常に優れた立ち下がり特性を有することがわかる。これに対し、TNモードの液晶表示装置では、立ち下がり時間 $T_{OFF}$ は一般に40ms以上である。

【0062】

【表2】

50

(10)

17

18

VAC+TAC リタデーション R (nm)	測定温度 25℃									
	視角範囲 CR <sub>≥</sub> (°)					11 階調反転角度 (°)				
	0°	90°	180°	-90°	av.	0°	45°	90°	135°	180°
88	43	60	52	61	54	40	40	50	60	38
185	42	70	57	66	59	30	40	70	66	38
282	38	58	52	58	52	26	44	70	70	38

液晶層の  $\Delta n \cdot d = 2.46 \text{ nm}$ 

表2は、本実施例による液晶表示装置において、偏光板34A、34Bおよび位相差補償フィルム33A、33Bが形成する負のリタデーションR'の合計値を変化させた場合の視角特性、特にコントラスト比10を与える視角範囲および11階調反転角度の変化を示す。11階調反転角度とは、液晶パネルの正面方向に11階調により中間調を行った場合に、かかる中間調を構成する階調の輝度が互いに反転して見えるような極角方向を表す。このような階調反転が生じると表示がつぶれて見にくくなる。このため、階調反転角度は、広い程好ましい。た\*

\* だし、本実施例では液晶層32のリタデーション  $\Delta n \cdot d$  は正で、2.46 nmの値を有する。表2は、位相差補償フィルム33A、33Bおよび偏光板34A、34Bが形成するリタデーションR'の合計値を液晶層32のリタデーション  $\Delta n \cdot d$  に近く設定することにより、90°、-90°、180°の方位角において、視野角が拡大することがわかる。

【0063】

【表3】

ツイスト角 (°)	測定温度 25℃									
	視角範囲 CR <sub>≥</sub> (°)					11 階調反転角度 (°)				
	0°	90°	180°	-90°	av.	0°	45°	90°	135°	180°
0	44	60	49	60	53	40	40	52	60	38
45	43	60	52	61	54	40	40	50	60	38
90	41	59	50	60	53	40	40	54	64	32

注) VAC無し、G1220DU偏光板 (R' = 88 nm)

表3は、本実施例において、ツイスト角を変化させた場合の視角特性および11階調反転角度の変化を示す。表3の結果は、ツイスト角による視角依存性は実質的に存在しないことを示す。ただし、表3の結果は、位相差補償フィルム33A、33Bは設けず、偏光板34A、34Bの位相差補償作用 (R' = 88 nm) のみが存在する場合についてのものである。

【実施例3】図54は、本発明の第3実施例による液晶表示装置40の構成を示す。ただし、図54中、先に説明した部分には同一の参照符号を付し、説明を省略する。

【0064】図54を参照するに、液晶表示装置40は図46に説明した液晶表示装置30と類似した構成を有するが、図48の負リタデーションを有するの位相差補償フィルム33Bの代わりに、正のリタデーションを有する第1の位相差補償フィルム (33B)<sub>1</sub> と負のリタデーションを有する第2の位相差補償フィルム (33B)<sub>2</sub> とを、前記正の位相差補償フィルム (33B)<sub>1</sub> を液晶パネル31の近傍に、また負の位相差補償フィルム (33B)<sub>2</sub> をその外側に配設する点で異なっている。位相差補償フィルム (33B)<sub>2</sub> は液晶パネル31の主面に垂直な光軸を有するのに対し、位相差補償フィルム (33B)<sub>1</sub> は液晶パネル31の主面に平行な光軸を有する。

【0065】図55は、図54の液晶表示装置40において、液晶層32の厚さdを3.5 μm、ツイスト角を45°とした場合の、様々な極角に対する黒表示状態

(非駆動時)の透過率を示す。ただし、図55においては、正の位相差補償フィルム (33B)<sub>1</sub> のリタデーションを100 nmとし、その光軸角θを様々に変化させている。光軸角θは、図54に示したように、ツイスト中心軸に対して位相差補償フィルム (33B)<sub>1</sub> の光軸がなす角度として定義される。その際、負の位相差補償フィルム (33B)<sub>2</sub> のリタデーション値は前記液晶パネル31のリタデーション  $\Delta n \cdot d$  に略等しく設定しており、また図示した透過率は90°方位角方向についてのものである。

【0066】図55を参照するに、いずれの極角においても、光軸角θが約45°の場合に、黒表示状態の透過率が最小になることがわかる。このように、黒表示の透過率をあらゆる視角について最小化することにより、視角特性の向上を実現することができる。図55では、極角が0°および20°の場合に、約135°の光軸角においても黒表示状態の透過率が最小になるが、この場合は極角が40°以上において透過率が大きくなるため、望ましい視角特性の改善はもたらされない。

【0067】図56は、図54の液晶表示装置40において、正の位相差補償フィルム (33B)<sub>1</sub> のリタデー

(11)

19

ションを変化させた場合の黒表示状態の透過率を様々な極角について示す。ただし、図56の場合にも、方位角は $90^\circ$ としてある。図56を参照するに、正の位相差補償フィルム(33B)<sub>1</sub>のリタデーション値を20~60nmの範囲に設定することにより、黒表示状態における透過率を、あらゆる極角について最小化することができる。この場合、透過率は0.002を下回る。

【0068】図57は、図54の液晶表示装置40の視角特性を示す。ただし、図57の特性では、正の位相差補償フィルム(33B)<sub>1</sub>のリタデーションRを25nm、負の位相差補償フィルム(33B)<sub>2</sub>のリタデーションR'を240nmとしている。また、液晶分子のツイスト角を $45^\circ$ 、液晶層32の厚さを3 $\mu$ mとしている。図57よりわかるように、正および負の位相差補償フィルムを組み合わせることで、非常に広い視野角が得られる。

【0069】これに対し、同じ正および負の位相差補償フィルムを、順序を逆転して配設した場合、液晶表示装置40の視角特性は、図58のように、著しく狭まってしまう。このことから、液晶表示装置40において正および負の位相差補償フィルムを組み合わせる場合、その位置関係が重要で、負の位相差補償フィルム(33B)<sub>2</sub>を正の位相差補償フィルム(33B)<sub>1</sub>の外側に配設する必要があることがわかる。

【0070】さらに、図59は、図54の液晶表示装置40において、位相差補償フィルムを省略した場合の視角特性を示す。図59よりわかるように、視角特性は、この場合非常に狭まってしまう。

【実施例4】図60は、さらに図54の液晶表示装置40において、下側偏光板34Aと液晶パネル31との間にも、負のリタデーションを有する別の負の位相差補償フィルム(33A)<sub>2</sub>を配設した構成の液晶表示装置50を示す。

【0071】図61は、前記液晶表示装置40において、前記別の負の位相差補償フィルムと前記位相差補償フィルム(33B)<sub>2</sub>の合計のリタデーション値を前記液晶パネル31のリタデーション値に略等しく設定した場合における、黒表示状態の透過率を、前記正の位相差補償フィルム(33B)<sub>1</sub>のリタデーション値の関数として示す。

【0072】図61よりわかるように、かかる構成により、黒表示状態における透過率は、位相差補償フィルム(33B)<sub>1</sub>のリタデーションが50~60nmの範囲にある場合に最小になる。すなわち、かかる位相差補償フィルム(33B)<sub>1</sub>が有効であるためには、位相差補償フィルム(33B)<sub>1</sub>のリタデーション値を約100nm以下に設定する必要がある。

【0073】図62は、図60の液晶表示装置50において、前記位相差補償フィルム(33B)<sub>1</sub>のリタデーション値を30nmに固定し、負の位相差補償フィルム

20

(33B)<sub>2</sub>、(33A)<sub>2</sub>のリタデーション値R'を変化させた場合の黒表示状態における透過率を示す。ただし、先の場合と同様に、透過率は $90^\circ$ 方位角方向へのもので、極角の値を様々に変化させている。

【0074】図62よりわかるように、透過率が最小となるのは、位相差補償フィルム(33B)<sub>2</sub>が形成する負のリタデーションR'の値が約250nmの場合であるが、この最適値は、液晶層32のリタデーション $\Delta n \cdot d$ の値よりも多少小さい。先にも説明したように、正の位相差補償フィルム(33B)<sub>1</sub>を設けない場合には、位相差補償フィルム(33B)<sub>1</sub>の最適リタデーション値は、液晶層32のリタデーション値 $\Delta n \cdot d$ と等しい。すなわち、前記負の位相差補償フィルム(33B)<sub>2</sub>、(33A)<sub>2</sub>に加えて正の位相差補償フィルム(33B)<sub>1</sub>を使う場合、負の位相差補償フィルム(33B)<sub>2</sub>の最適値は、液晶層32のリタデーション値 $\Delta n \cdot d$ よりも多少小さく設定する必要がある。いずれにせよ、負の位相差補償フィルムの合計リタデーション値R'は、位相差補償フィルム(32B)<sub>2</sub>のみを使う場合でも、またさらに別の負の位相差補償フィルムを使う場合でも、液晶層32のリタデーション値 $\Delta n \cdot d$ の2倍以下に設定する必要がある。

【0075】図63は、図60の液晶表示装置50の視角特性を示す。負の位相差補償フィルムだけを使った場合の対応する視角特性を示す図19の結果と比較すると、コントラスト比が10以上の領域の面積が拡大していることがわかる。

【実施例5】図64は、本発明の第5実施例による液晶表示装置50'の構成を示す。ただし、図64中先に説明した部分には対応する参照符号を付し、説明を省略する。

【0076】図64を参照するに、液晶表示装置50'は、前記液晶パネル31と前記負の位相差補償フィルム(33A)<sub>2</sub>との間に、正の位相差補償フィルム(33A)<sub>1</sub>を配設してなり、図65に示す優れた視野角特性が得られる。

【実施例6】図66は、本発明の第6実施例による液晶表示装置60の構成を示す。ただし、図66中先に説明した部分には対応する参照符号を付し、説明を省略する。

【0077】図66を参照するに、本実施例においては、先に説明した液晶表示装置50、50'において、正の位相差補償フィルム(33B)<sub>1</sub>と負の位相差補償フィルム(33B)<sub>2</sub>とを設ける代わりに、単一の2軸性位相差補償フィルム33B'を液晶パネル31と偏光板34Bとの間に挿入する。位相差補償フィルム33B'は光学的2軸性を有し、x、y、zの各方向への屈折率 $n_x$ 、 $n_y$ 、 $n_z$ について、 $n_x > n_y > n_z$ あるいは $n_y > n_x > n_z$ が成立する。かかる2軸性位相差補償フィルムは公知であり、例えば特開昭59-189

(12)

21

325に記載されているものを使ってもよい。

【0078】かかる2軸性位相差補償フィルム33B'が形成するリタデーションは、面内方向について式 $R = |n_x - n_y| \cdot d$ により与えられ、また液晶パネル32に垂直な方向(厚さ方向)に式 $R' = \{(n_x + n_y) / 2 - n_z\} \cdot d$ で与えられる。本実施例では、面内のリタデーション値を120nm以下、厚さ方向のリタデーションを液晶層32のリタデーション $\Delta n \cdot d$ に等しく設定することにより、最適な結果が得られる。ただし、図66の例では、位相差補償フィルム33B'は、その面内遅相軸が偏光板34Bの吸収軸に略平行になるように配設される。面内遅相軸は、 $n_x > n_y > n_z$ の関係が成立する場合にはx軸に、また $n_y > n_x > n_z$ が成立する場合にはy軸に一致する。

【0079】図67は、図66の液晶表示装置60において、前記2軸性位相差補償フィルム33B'の面内遅相軸 $n_x$ の方位角を変化させた場合の、黒表示モードにおける透過率を示す。図67よりわかるように、2軸性位相差フィルム33B'は、前記面内遅相軸 $n_x$ の方位角 $\theta$ が約45°または135°、すなわち隣接する偏光板34Bの吸収軸に直交するようにまたは平行に延在するように配設することにより、黒表示モードにおける透過率を最小にすることができる。特に、前記方位角 $\theta$ を約45°に設定することにより、80°~0°までの全ての範囲の極角にわたり、黒表示モードにおける透過率を0.2%以下に抑止することができる。

【0080】図68は、図66の液晶表示装置60において、前記2軸性位相差補償フィルム33B'の厚さを変化させた場合の、黒表示モードにおける透過率を示す。図68よりわかるように、厚さが約130 $\mu\text{m}$ のところで透過率は最小になるが、前記2軸性位相差フィルム33B'は、この厚さにおいては、面内で39nm、厚さ方向に240nmのリタデーションRあるいはR'を生じる。上記の結果を一般化すると、図66の液晶表示装置60において、面内リタデーションRを120nm以下、好ましくは20~60nmの範囲、厚さ方向のリタデーションR'を液晶層32のリタデーション $\Delta n \cdot d$ の2倍以下に設定することにより、黒表示モードにおける透過率を最小化することができる。

【0081】図69は、図66の液晶表示装置60の視角特性を示す。ただし図69において、 $n_x = 1.502$ 、 $n_y = 1.5017$ 、 $n_z = 1.5$ 、 $d = 120\text{nm}$ としている。dは液晶層32の厚さである。図69よりわかるように、液晶表示装置60は優れた視角特性を示す。上記2軸性位相差フィルムとしては、ポリカーボネートを2軸延伸した位相差フィルム(例えば住友化学製のVACフィルム)や、偏光板の保護フィルムとして用いるTACフィルム等を使うことができる。

【実施例7】図70は、本発明の第7実施例による液晶表示装置70の構成を示す。ただし、図70中先に説明

22

した部分には同一の参照符号を付し、説明を省略する。

【0082】図70を参照するに、本実施例では、前記位相差補償フィルム33B'の他に、液晶パネル31とポラライザ34Aとの間にも光学的2軸性位相差補償フィルム33A'を配設し、その際位相差補償フィルム33B'および33A'を、フィルム33B'の遅相軸が、隣接するアナライザの吸収軸に実質的に直交するように、またフィルム33A'の遅相軸が、隣接するポラライザの吸収軸に直交するように配設する。

【0083】図71は、液晶表示装置70の視角特性を示す。図71よりわかるように、液晶表示装置70は優れた視角特性を与える。

【実施例8】図72は、本発明の第8実施例による液晶表示装置80の構成を示す。ただし、図72中先に説明した部分には同一の参照符号を付し、説明を省略する。図72を参照するに、液晶表示装置80は、図54の液晶表示装置80において、位相差補償フィルム(33B)<sub>2</sub>を省略したものになっている。

【0084】図73は、液晶表示装置80の黒表示モードにおける透過率を、正の位相差補償フィルム(33B)<sub>1</sub>を回転させながら、すなわちフィルム(33B)<sub>1</sub>の $n_x$ 軸の方位角を変化させながら求めたものである。図73よりわかるように、黒表示モードにおける液晶パネルの透過率は、 $n_x$ がツイスト中心軸に対して約45°あるいは約135°の位置関係にある場合に最小になる。このうち、特に45°の方位角においては0°~80°の範囲の全ての極角に対して透過率が最小となるため、最も好ましい。

【0085】図74は、液晶表示装置80の黒表示モードにおける透過率を、前記正の位相差補償フィルム(33B)<sub>1</sub>の厚さの関数として示す。図74を参照するに、液晶表示装置80の黒表示モードにおける透過率は、前記位相差補償フィルム(33B)<sub>1</sub>が140~150 $\mu\text{m}$ の厚さのときに最小になることがわかる。位相差補償フィルム(33B)<sub>1</sub>の面内リタデーションRは、厚さが140~150 $\mu\text{m}$ の場合、140~160 $\mu\text{m}$ の範囲に入る。すなわち、液晶表示装置80において正の位相差補償フィルム(33B)<sub>1</sub>のみを使う場合には、フィルム(33B)<sub>1</sub>の面内リタデーションは300nm以内であるのが好ましい。

【0086】図75は、図73、74に従って最適化された液晶表示装置80の視角特性を示す。図75よりわかるように、液晶表示装置80の視角特性は、図59に示す位相差補償フィルムを設けない場合に比べると著しく向上している。

【実施例9】図76は、本発明の第9実施例による液晶表示装置90の構成を示す。

【0087】図76を参照するに、液晶表示装置90は、前記液晶表示装置80に、図64の液晶表示装置50'に示した正の位相差補償フィルム(33A)<sub>1</sub>を追

(13)

23

加した構成を有する。ただし、位相差補償フィルム(33B)<sub>1</sub>は、面内遅相軸 $n_x$ が隣接するアナライザ34Bの吸収軸に直交するように、また位相差補償フィルム(33A)<sub>1</sub>は、面内遅相軸 $n_x$ が隣接するポラライザ34Aの吸収軸に直交するように配設されている。

【0088】図77は、液晶表示装置90の視角特性を示す。図77を参照するに、液晶表示装置90の視角特性は、図59に示す位相差補償フィルムを設けなかった場合の視角特性と比較すると、大きく改善されている。

【実施例10】図78は、本発明の第10実施例による液晶表示装置100の構成を示す。

【0089】図78を参照するに、液晶表示装置100は先に説明した液晶表示装置90と同様な構成を有するが、位相差補償フィルム(33B)<sub>1</sub>を、面内遅相軸 $n_x$ が隣接するアナライザ34Bの吸収軸と45°の角度をなすように、また位相差補償フィルム(33A)<sub>1</sub>を、面内遅相軸 $n_x$ が隣接するポラライザ34Aの吸収軸と45°の角度をなすように配設した点が異なっている。

【0090】図79は、液晶表示装置100の視角特性を、位相差補償フィルム(33A)<sub>1</sub>、(33B)<sub>1</sub>のリタレーション値Rをそれぞれ75nmとした場合について示す。図79よりわかるように、液晶表示装置100の視角特性は、図59に示す位相差補償フィルムを設けなかった場合の視角特性と比較すると改善はされているものの、他の実施例のものに比べると多少劣っている。

【実施例11】図80は、本発明の第11実施例によるアクティブマトリクス駆動方式の液晶表示装置110の構成を示す。

【0091】本実施例においては、図80の構成において、ガラス基板31Aまたは31B上に、液晶パネル中に画成された画素に対応して複数の透明画素電極(31a')PIXELと、これを駆動するTFT(31a')TFTとが形成される。すなわち、前記透明画素電極(31a')PIXELとTFT(31a')TFTとは、図48の電極31a'あるいは31b'に対応する。また、前記基板31Aまたは31B上には、マトリクス配列されたTFTに駆動信号を供給するデータバスDATAとこれを活性化するアドレスバスADDRとが延在する。

【0092】図81は、液晶表示装置110の視角特性を、液晶としてメルクジャパン社MJ95785を使い、液晶層の厚さを3μmとした場合について示す。この場合、液晶分子のツイスト角は45°、液晶層32のリタレーションΔn・dは241nmとしてあり、分子配向膜31a、31b(図48参照)として日産化学性RN783を使っている。図61よりわかるように、非常に広い視角範囲を有するアクティブマトリクス駆動液晶表示装置が得られる。

【実施例12】以上に説明した各実施例においては、図

24

82(A)～(C)に示すように、各々の画素で液晶の分子配向が一樣な、いわゆる単一ドメイン分子配向構成を使っていた。ただし、図82(A)は液晶表示装置の一画素分の領域の平面図、図82(B)は、図82

(A)中の線A-Bに沿った断面図、図82(C)は図82(B)の液晶表示装置に二つの異なった方向から入射光XおよびYを入射させた場合の構成を示し、図中先に説明した部分には同一の参照符号を付してある。また、図82(A)において、実線の矢印は、上側基板31Bに担持された分子配向膜31bのラビング方向を、また点線の矢印は、下側基板31Aに担持された分子配向膜31aのラビング方向を示す。分子配向膜31bのラビング方向と分子配向膜31aのラビング方向とはα1の角度で交差するが、液晶分子のツイスト角を45°に設定する場合には、前記角度α1は45°の角度に設定する。

【0093】図82(C)よりわかるように、このような単一ドメイン分子配向構成を有する液晶表示装置においては、その駆動状態において、入射光Xの方向から見た分子配向と入射光Yの方向から見た分子配向とが異なるため、実質的な視角特性の低下が避けられない。これに対し、図83(A)～(C)は本発明の第12実施例による液晶表示装置120の構成を示す。ただし、先に説明した部分には同一の参照符号を付し、説明を省略する。

【0094】図83(A)～(C)の構成では、図83(B)に示すように、各々の画素において、紫外線改質分子配向膜31a'、31b'を、それぞれ分子配向膜31a、31bの一部を覆うように形成する。かかる紫外線改質分子配向膜は、例えば分子配向膜31a、31bのラビングの後、別の分子配向膜をその上に堆積し、これに紫外線を照射して分子配向を変化させた後、各画素においてその一部だけを残すようにパターニングすることにより形成すればよい。

【0095】その際、図83(B)の断面図に示すように、図83(A)の平面図の紙面下側の領域に前記改質分子配向膜31a'を形成し、また紙面上側の領域に前記改質分子配向膜31b'を形成することにより、図83(C)に示すように入射光XおよびYを異なった方向から入射させた場合に、前記いずれの方向においても光が感受する液晶分子配向が、液晶表示装置の駆動状態において同等になり、液晶表示装置の視角特性がさらに改善される。

【0096】図84(A)～(C)は本実施例の一変形例を示す。図84(A)を参照するに、本実施例においては、紙面上側の領域と紙面下側の領域においてラビング方向を変化させてあり、その結果図84(B)の断面図に示すように、分子配向が各画素中において右側領域と左側領域(図84(A)の上側領域と下側領域に対応)で異なる。その結果、図84(C)に示すように、

(14)

25

入射光XおよびYを二つの異なった方向から入射させた場合、それぞれの方向において液晶分子の配向は図83 (C)の場合と同様に等価になり、液晶表示装置の視角特性が向上する。

【0097】図85は、図84の構成の液晶表示装置において、角度 $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$ をいずれも $45^\circ$ 、液晶層32の厚さdを $3\mu\text{m}$ とした場合の視角特性を示す。ただし、液晶表示装置は図85において、液晶層32として前記メルクジャパン社のMJ95785を使い、カイラル材は添加していない。すなわち、液晶層32は、この場合リタデーション $\Delta n \cdot d$ として $287\text{nm}$ の値を有し、ツイスト角は $45^\circ$ に設定される。また、図64に示す正および負の位相差補償フィルムを、正の位相差補償フィルム(33A)<sub>1</sub>、(33A)<sub>1</sub>の合計リタデーション値Rが $25\text{nm}$ 、負の位相差補償フィルム(33B)<sub>2</sub>、の合計リタデーション値R'が $160\text{nm}$ になるように設けている。

【0098】図85を参照するに、液晶表示装置をこのように構成することにより、コントラスト比が10を下回る領域は非常に限定されており、非常にすぐれた視角特性が得られることがわかる。図86は、同じ構成の液晶表示装置の視角特性のシミュレーションの結果であるが、これによれば、液晶表示装置は各部材の最適化により、さらに優れた視角特性を実現可能であることがわかる。

【0099】図87は、前記第1～第12の各実施例で記載した液晶表示装置を使って構成した直視型液晶表示装置130の構成を示す。図87を参照するに、直視型液晶表示装置130は、前記液晶表示装置10～120のいずれであってもよいVAモード液晶表示装置101と、その背後に配設された面光源103とより構成される。液晶表示装置101には、複数の画素領域102が画成され、前記面光源103から放射されるバックライトを光学的に変調する。一方、面光源103は、蛍光管等の線光源を含む光源部103と、前記線光源から放射された光を拡散させ、前記液晶表示装置101の全面を、2次元的に照明する光拡散部104とよりなる。

【0100】先に各実施例で説明した本発明によるVAモード液晶表示装置は、特に広い視角特性を与えるため、図87に示したような構成の直視型液晶表示装置に特に適している。以上の各実施例において、液晶層32には負の誘電率異方性を有する液晶を使ったが、本発明は先にも説明したように、かかる負の誘電率異方性を有する液晶に限定されるものではなく、正の誘電率異方性を有する液晶(いわゆるp型液晶)を使うことも可能である。また、誘電率異方性の正負自体は、図4、5に示す駆動方式には関係するものの、図6以降に説明した光学的特性には関係しないため、先に説明した液晶層および位相差補償フィルムの最適化は、正の誘電率異方性を有する液晶を使った場合でも、同様に成立する。

26

【0101】また、本発明では図54、60あるいは64の実施例において、 $120\text{nm}$ 以下のリタデーションを有する複屈折フィルムを位相差補償フィルム(33A)<sub>1</sub>あるいは(33B)<sub>1</sub>として使うが、従来このような複屈折が非常に小さい位相差補償フィルムを作製することが困難であった。これに対し、本発明の発明者は、ノルボルネン構造を主鎖中に有する樹脂が、ほとんど光学的に等方的であることに着目し、かかるノルボルネン樹脂を使って前記最適位相差補償フィルム(33A)<sub>1</sub>、(33B)<sub>1</sub>を作製することに成功した。

【0102】以上、本発明を好ましい実施例について説明したが、本発明はかかる実施例に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載した要旨内において様々な変形あるいは変更が可能である。

#### 【0103】

【発明の効果】請求項1～4記載の本発明の特徴によれば、第1および第2の基板の間に封止された液晶層を含み、前記液晶層に略平行な電界により状態を非駆動状態から駆動状態に変化させる垂直配向型液晶表示装置において、前記第1の基板とこれに隣接する第1の偏光板との間の第1の隙間と、前記第2の基板とこれに隣接する第2の偏光板との間の第2の隙間の少なくとも一方に、x、y、zの各方向への屈折率 $n_x$ 、 $n_y$ 、 $n_z$ について、 $n_x > n_y > n_z$ あるいは $n_y > n_x > n_z$ となる、二軸性の位相差板を、前記位相差板の面内の遅相軸が、前記液晶層に対して前記位相差板と同じ側に配設された前記偏光板の吸収軸と略並行あるいは略垂直となるように配設することにより、広い視野角を実現することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による液晶表示装置の基本的構成を説明する図である。

【図2】図1の液晶表示装置のコントラスト比と、液晶パネルに対するポラライザ、アナライザの方位との関係を説明する図である。

【図3】図1の液晶表示装置の動的特性を示す図である。

【図4】負の誘電率異方性を有する液晶を使った本発明のVAモード液晶表示装置の動作を説明する図である。

【図5】正の誘電率異方性を有する液晶を使った本発明のVAモード液晶表示装置の動作を説明する図である。

【図6】図1の液晶表示装置において、さらに位相差補償板を設けた構成を示す図である。

【図7】図6の液晶表示装置において、液晶パネルのリタデーション値に対する位相差補償板の合計リタデーション値の比の値を0.45とした場合の視角特性を示す図である。

【図8】図6の液晶表示装置において、液晶パネルのリタデーション値に対する位相差補償板の合計リタデーション値の比の値を0.6とした場合の視角特性を示



(15)

27

す図である。

【図9】図6の液晶表示装置において、液晶パネルのリターデーション値に対する位相差補償板の合計リターデーション値の比の値を0.75とした場合の視角特性を示す図である。

【図10】図6の液晶表示装置において、液晶パネルのリターデーション値に対する位相差補償板の合計リターデーション値の比の値を0.82とした場合の視角特性を示す図である。

【図11】図6の液晶表示装置において、液晶パネルのリターデーション値に対する位相差補償板の合計リターデーション値の比の値を0.90とした場合の視角特性を示す図である。

【図12】図6の液晶表示装置において、液晶パネルのリターデーション値に対する位相差補償板の合計リターデーション値の比の値を0.97とした場合の視角特性を示す図である。

【図13】図6の液晶表示装置において、液晶パネルのリターデーション値に対する位相差補償板の合計リターデーション値の比の値を1.05とした場合の視角特性を示す図である。

【図14】図6の液晶表示装置において、液晶パネルのリターデーション値に対する位相差補償板の合計リターデーション値の比の値を1.12とした場合の視角特性を示す図である。

【図15】図6の液晶表示装置において、液晶パネルのリターデーション値に対する位相差補償板の合計リターデーション値の比の値を1.20とした場合の視角特性を示す図である。

【図16】図6の液晶表示装置において、液晶パネルのリターデーション値に対する位相差補償板の合計リターデーション値の比の値を1.34とした場合の視角特性を示す図である。

【図17】図6の液晶表示装置において、液晶層の厚さを1 $\mu$ m、液晶層のリターデーション値を82nmとした場合の視角特性を示す図である。

【図18】図6の液晶表示装置において、液晶層の厚さを2 $\mu$ m、液晶層のリターデーション値を164nmとした場合の視角特性を示す図である。

【図19】図6の液晶表示装置において、液晶層の厚さを3 $\mu$ m、液晶層のリターデーション値を246nmとした場合の視角特性を示す図である。

【図20】図6の液晶表示装置において、液晶層の厚さを4 $\mu$ m、液晶層のリターデーション値を328nmとした場合の視角特性を示す図である。

【図21】図6の液晶表示装置において、液晶層の厚さを5 $\mu$ m、液晶層のリターデーション値を410nmとした場合の視角特性を示す図である。

【図22】図6の液晶表示装置において、液晶層の厚さを6 $\mu$ m、液晶層のリターデーション値を492nmとし

28

た場合の視角特性を示す図である。

【図23】図6の液晶表示装置において、液晶層の厚さを1 $\mu$ mとした場合の透過率特性を示す図である。

【図24】図6の液晶表示装置において、液晶層の厚さを2 $\mu$ mとした場合の透過率特性を示す図である。

【図25】図6の液晶表示装置において、液晶層の厚さを3 $\mu$ mとした場合の透過率特性を示す図である。

【図26】図6の液晶表示装置において、液晶層の厚さを4 $\mu$ mとした場合の透過率特性を示す図である。

【図27】図6の液晶表示装置において、液晶層の厚さを5 $\mu$ mとした場合の透過率特性を示す図である。

【図28】図6の液晶表示装置において、液晶層の厚さを6 $\mu$ mとした場合の透過率特性を示す図である。

【図29】図6の液晶表示装置において、液晶層の厚さを1 $\mu$ mとした場合の着色特性を示す図である。

【図30】図6の液晶表示装置において、液晶層の厚さを3 $\mu$ mとした場合の着色特性を示す図である。

【図31】図6の液晶表示装置において、液晶層の厚さを4 $\mu$ mとした場合の着色特性を示す図である。

【図32】図6の液晶表示装置において、液晶層の厚さを5 $\mu$ mとした場合の着色特性を示す図である。

【図33】図6の液晶表示装置において、液晶層の厚さを6 $\mu$ mとした場合の着色特性を示す図である。

【図34】図6の液晶表示装置において、液晶層の厚さを3 $\mu$ m、ツイスト角を0°とした場合の視角特性を示す図である。

【図35】図6の液晶表示装置において、液晶層の厚さを3 $\mu$ m、ツイスト角を90°とした場合の視角特性を示す図である。

【図36】図6の液晶表示装置において、液晶層の厚さを3 $\mu$ m、ツイスト角を180°とした場合の視角特性を示す図である。

【図37】図6の液晶表示装置の黒表示時における透過率を示す図である。

【図38】(A)、(B)は、図6の液晶表示装置において、カイラル材を含んだ液晶層中の分子配向を、それぞれ非駆動状態および駆動状態について示す図である。

【図39】(A)、(B)は、図6の液晶表示装置において、カイラル材を含まない液晶層中の分子配向を、それぞれ非駆動状態および駆動状態について示す図である。

【図40】図6の液晶表示装置において、液晶層中にカイラル材を添加した場合の視角特性を示す図である。

【図41】図6の液晶表示装置において、液晶層中にカイラル材を添加した場合の透過率特性を示す図である。

【図42】図6の液晶表示装置において、液晶層中にカイラル材を添加しない場合の透過率特性を示す図である。

【図43】図6の液晶表示装置において、プレチルト角を90°に設定した場合の視角特性を示す図である。

(16)

29

【図44】図6の液晶表示装置において、プレチルト角を85°に設定した場合の視角特性を示す図である。

【図45】図6の液晶表示装置において、プレチルト角を80°に設定した場合の視角特性を示す図である。

【図46】図6の液晶表示装置において、プレチルト角を75°に設定した場合の視角特性を示す図である。

【図47】標準的なTNモード液晶表示装置の視角特性を示す図である。

【図48】本発明の第1実施例による液晶表示装置の構成を示す図である。

【図49】図48の液晶表示装置の視角特性を示す図である。

【図50】図48の液晶表示装置において、位相差補償板を設けた場合の視角特性を示す図である。

【図51】図48の液晶表示装置において、プレチルト角を75°とし、液晶パネルの上下に位相差補償フィルムを配設した場合の視角特性を示す図である。

【図52】本発明の第2実施例による液晶表示装置の立ち上がり特性を示す図である。

【図53】本発明の第2実施例による液晶表示装置の立ち下がり特性を示す図である。

【図54】本発明の第3実施例による液晶表示装置の構成を示す図である。

【図55】図54の液晶表示装置における黒表示状態の透過率を示す図である。

【図56】図54の液晶表示装置における黒表示状態の透過率を示す別の図である。

【図57】図54の液晶表示装置の視角特性を示す図である。

【図58】図54の液晶表示装置において、正の位相差補償フィルムと負の位相差補償フィルムの順序を反転した場合の視角特性を示す図である。

【図59】図54の液晶表示装置において、位相差補償フィルムを省略した場合に視角特性を示す図である。

【図60】本発明の第4実施例による液晶表示装置の構成を示す図である。

【図61】図60の液晶表示装置における黒表示状態の透過率を示す図である。

【図62】図60の液晶表示装置における黒表示状態の透過率を示す別の図である。

【図63】図60の液晶表示装置の視角特性を示す図である。

【図64】本発明の第5実施例による液晶表示装置の構成を示す図である。

【図65】図64の液晶表示装置の視角特性を示す図である。

【図66】本発明の第6実施例による液晶表示装置の構成を示す図である。

【図67】図66の液晶表示装置における黒表示状態の透過率を示す図である。

30

【図68】図66の液晶表示装置における黒表示状態の透過率を示す別の図である。

【図69】図66の液晶表示装置の視角特性を示す図である。

【図70】本発明の第7実施例による液晶表示装置の構成を示す図である。

【図71】図70の液晶表示装置の視角特性を示す図である。

【図72】本発明の第8実施例による液晶表示装置の構成を示す図である。

【図73】図72の液晶表示装置における黒表示状態の透過率を示す図である。

【図74】図72の液晶表示装置における黒表示状態の透過率を示す別の図である。

【図75】図72の液晶表示装置の視角特性を示す図である。

【図76】本発明の第9実施例による液晶表示装置の構成を示す図である。

【図77】図76の液晶表示装置の視角特性を示す図である。

【図78】本発明の第10実施例による液晶表示装置の構成を示す図である。

【図79】図78の液晶表示装置の視角特性を示す図である。

【図80】本発明の第11実施例による液晶表示装置の構成を示す図である。

【図81】図80の液晶表示装置の視角特性を示す図である。

【図82】単一ドメイン構成を有する液晶表示装置の構成を示す図である。

【図83】分割配向構成を有する本発明の第12実施例による液晶表示装置の構成を示す図である。

【図84】図83の液晶表示装置の一変形例を示す図である。

【図85】図84の液晶表示装置の視角特性を示す図である。

【図86】図84の液晶表示装置の視角特性のシミュレーション結果を示す図である。

【図87】本発明による垂直配向液晶表示装置を使った直視型液晶表示装置の構成を示す図である。

【符号の説明】

10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120 液晶表示装置

11, 31 液晶パネル

11A, 11B, 31A, 31B ガラス基板

12, 32 液晶層

13A, 13B, 33A, 33B 偏光板

14A, 14B, 34A, 34B, (34A)<sub>1</sub>, (34B)<sub>1</sub>, (34A)<sub>2</sub>, (32B)<sub>2</sub> 位相差補償フィルム

50

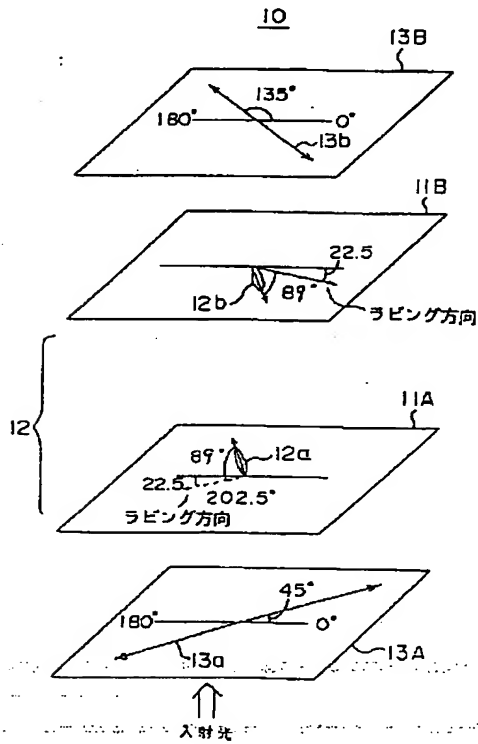


(17)

31  
 31a, 31b 分子配向膜  
 31a', 31b' (31a') PIXEL 電極  
 (31a') TFT TFT  
 31c スペーサ  
 130 直視型液晶表示装置

【図1】

本発明による液晶表示装置の基本的構成を説明する図

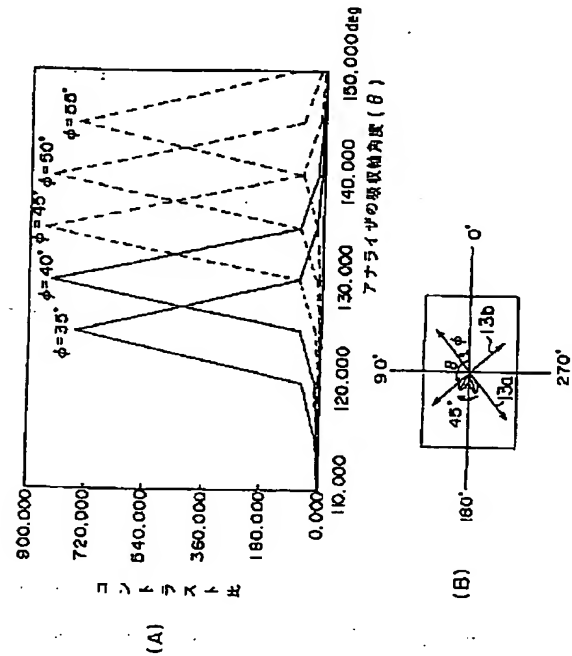


32

101 垂直配向液晶表示装置  
 102 画素  
 103 面光源  
 104 光源部  
 106 線光源

【図2】

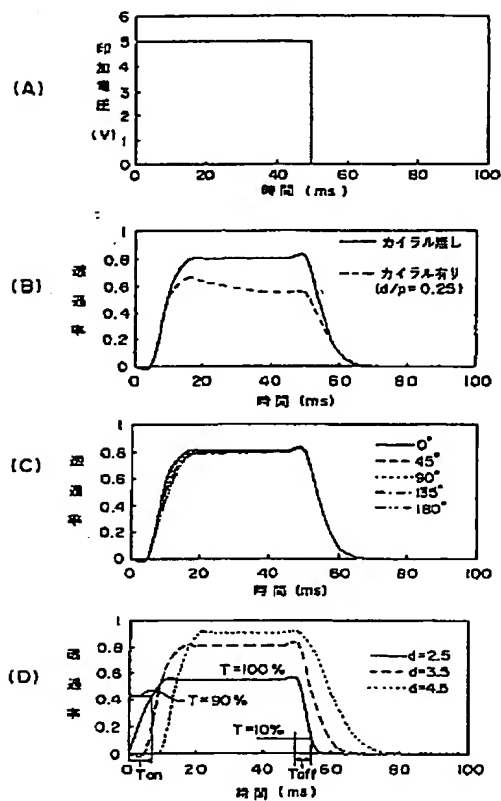
図1の液晶表示装置のコントラスト比と、液晶パネルに対する  
 ポラライザ、アナライザの方位との関係を示す図



(18)

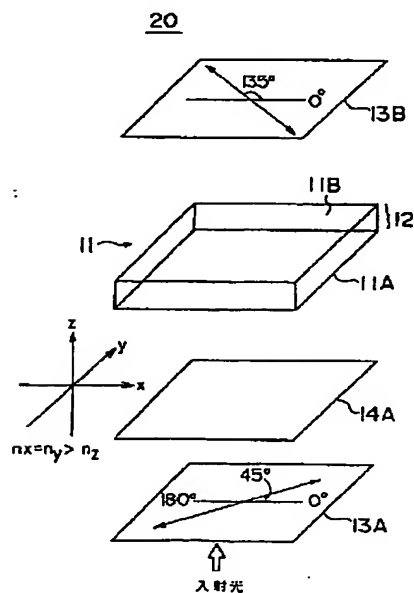
【図3】

図1の液晶表示装置の動作特性を示す図



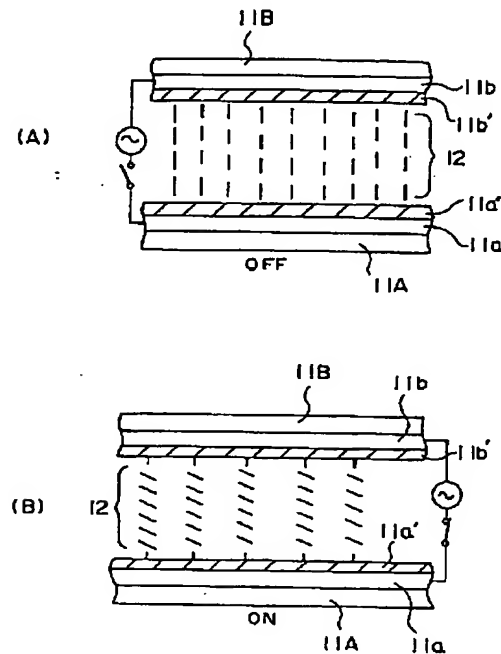
【図6】

図1の液晶表示装置において、さらに位相差補償板を設けた構成を示す図



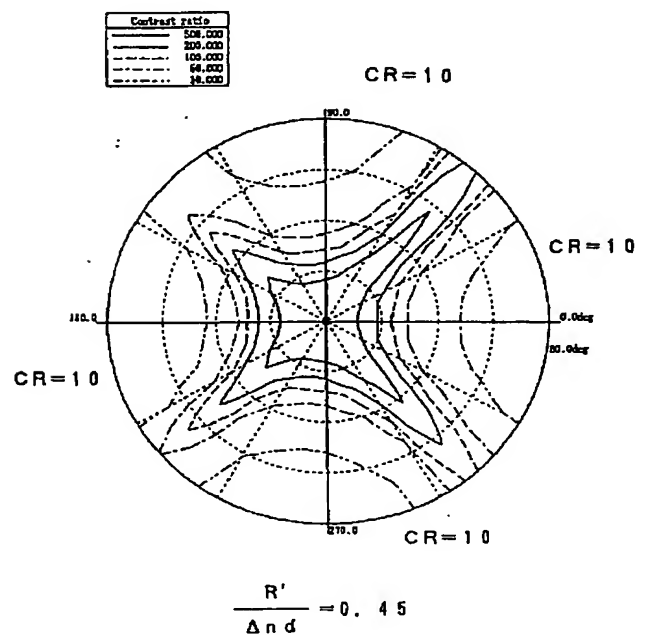
【図4】

負の誘電率異方性を有する液晶を使った本発明のVAモード液晶表示装置の動作を説明する図



【図7】

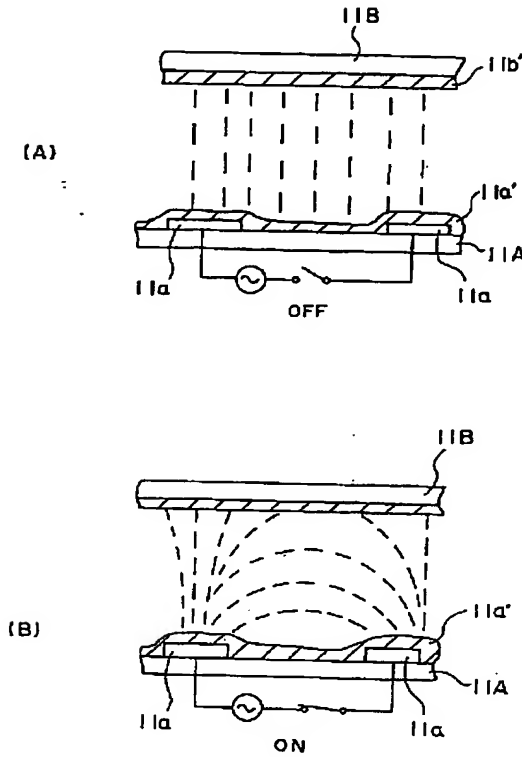
図6の液晶表示装置において、液晶パネルのリターデーション値に対する位相差補償板の合計リターデーション値の比の値を0.45とした場合の視角特性を示す図



(19)

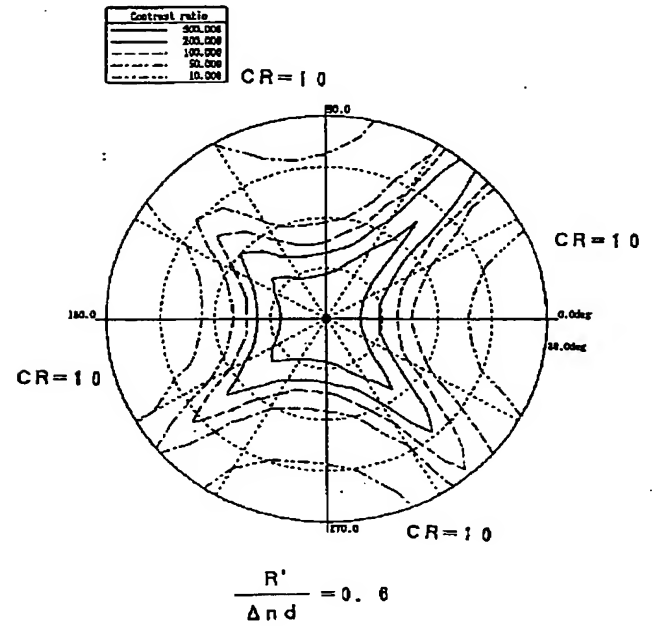
【図5】

正の誘電率異方性を有する液晶を使った本発明のVAモード液晶表示装置の動作を説明する図



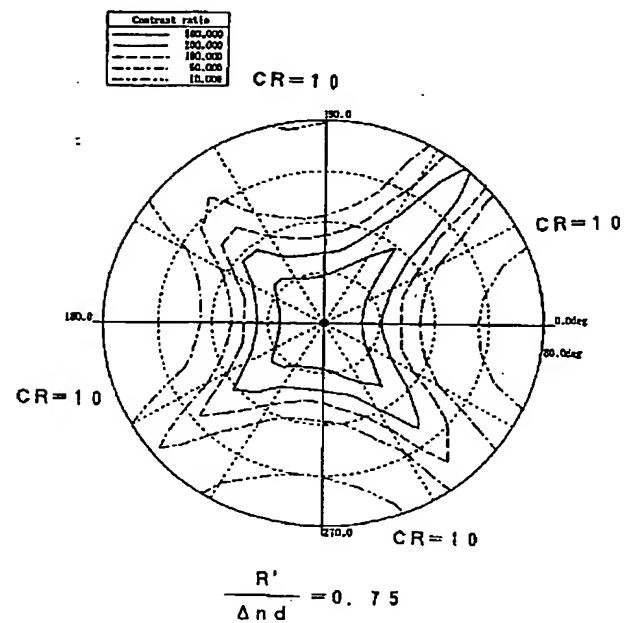
【図8】

図6の液晶表示装置において、液晶パネルのリターデーション値に対する位相差補償板の合計リターデーション値の比の値を0.6とした場合の視角特性を示す図



【図9】

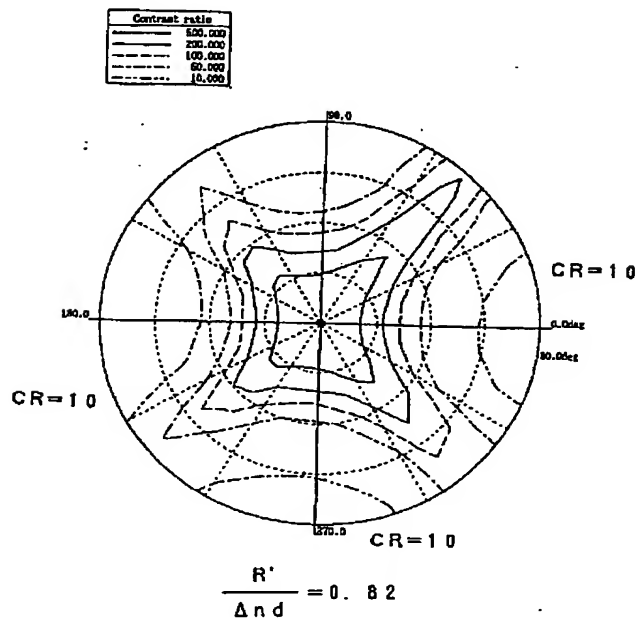
図6の液晶表示装置において、液晶パネルのリターデーション値に対する位相差補償板の合計リターデーション値の比の値を0.75とした場合の視角特性を示す図



(20)

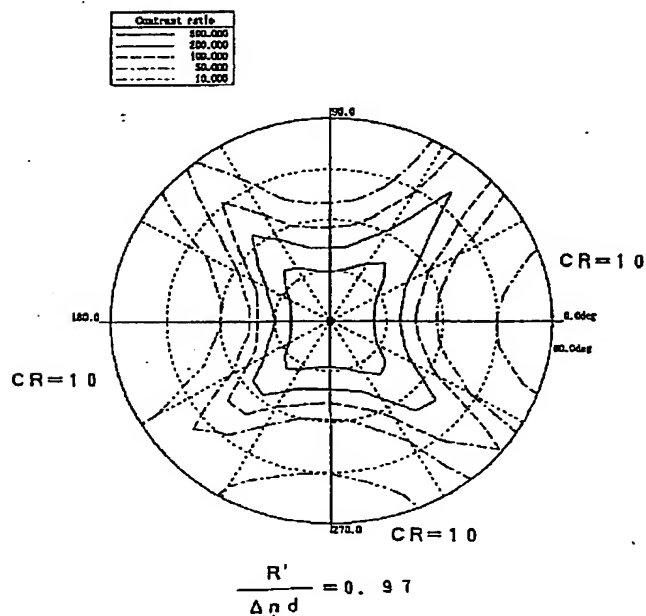
【図10】

図6の液晶表示装置において、液晶パネルのリターデーション値に対する位相差補償板の合計リターデーション値の比の値を0.82とした場合の視角特性を示す図



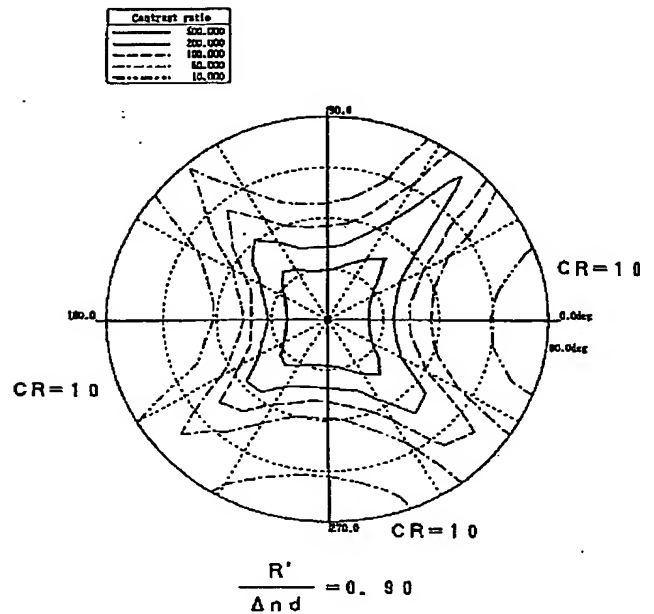
【図12】

図6の液晶表示装置において、液晶パネルのリターデーション値に対する位相差補償板の合計リターデーション値の比の値を0.97とした場合の視角特性を示す図



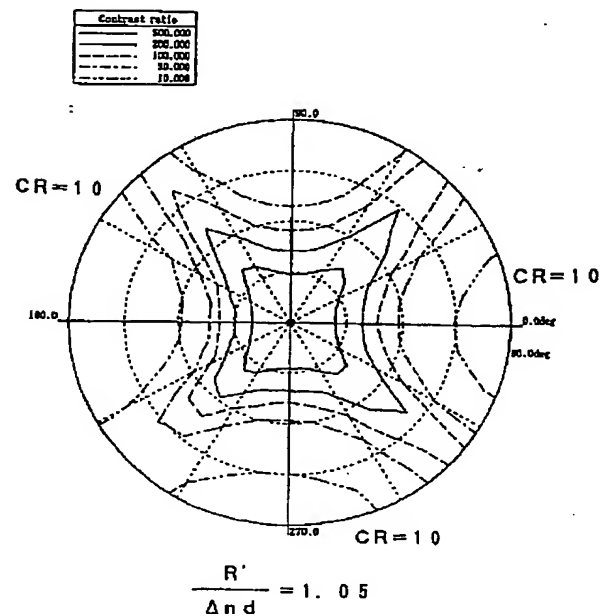
【図11】

図6の液晶表示装置において、液晶パネルのリターデーション値に対する位相差補償板の合計リターデーション値の比の値を0.90とした場合の視角特性を示す図



【図13】

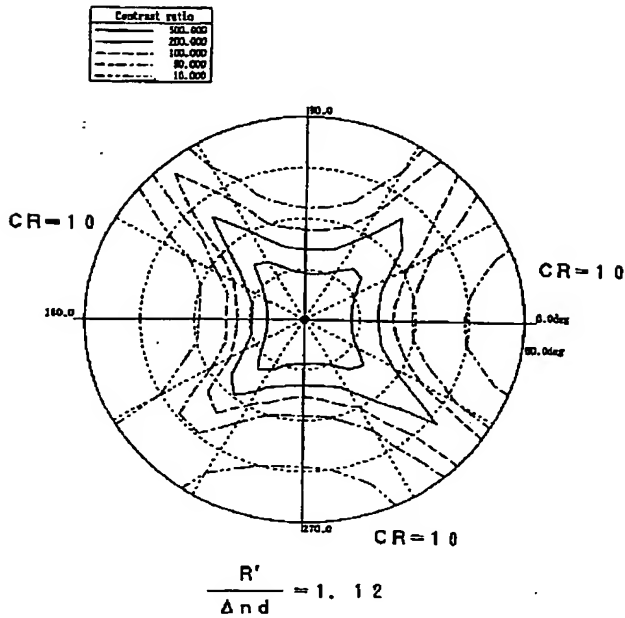
図6の液晶表示装置において、液晶パネルのリターデーション値に対する位相差補償板の合計リターデーション値の比の値を1.05とした場合の視角特性を示す図



(21)

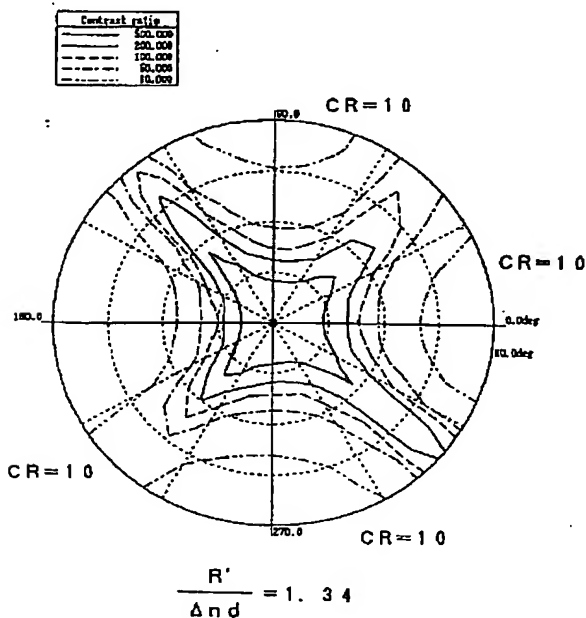
【図14】

図6の液晶表示装置において、液晶パネルのリターデーション値  
に対する位相差補償板の合計リターデーション値の比の値を  
1.12とした場合の視角特性を示す図



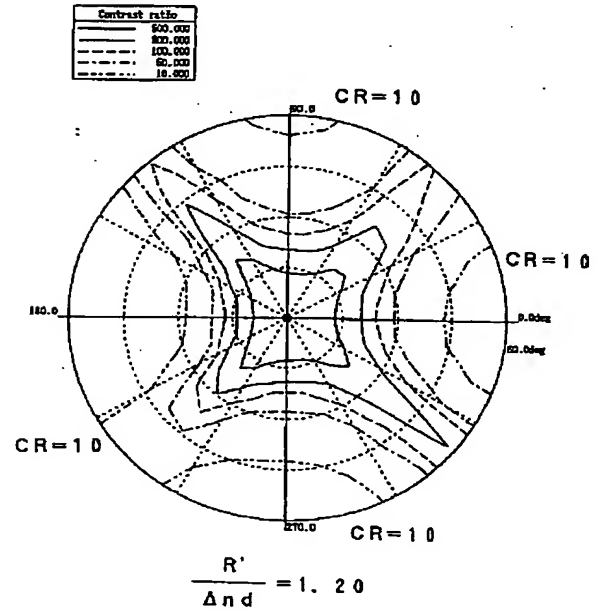
【図16】

図6の液晶表示装置において、液晶パネルのリターデーション値  
に対する位相差補償板の合計リターデーション値の比の値を  
1.34とした場合の視角特性を示す図



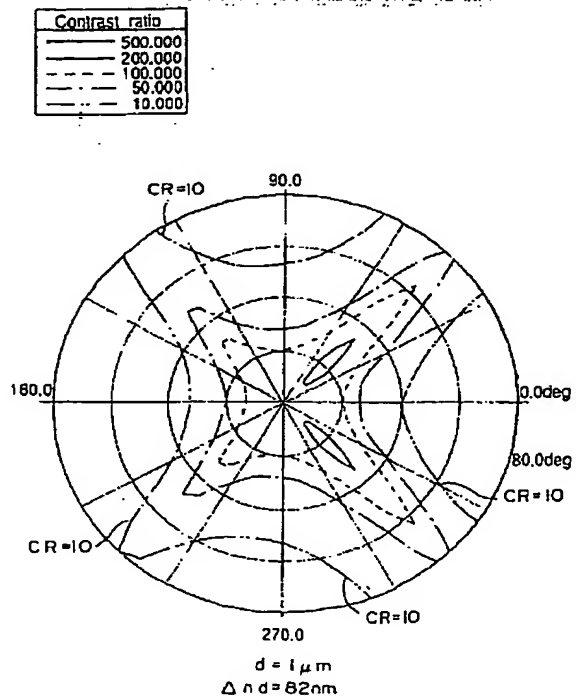
【図15】

図6の液晶表示装置において、液晶パネルのリターデーション値  
に対する位相差補償板の合計リターデーション値の比の値を  
1.20とした場合の視角特性を示す図



【図17】

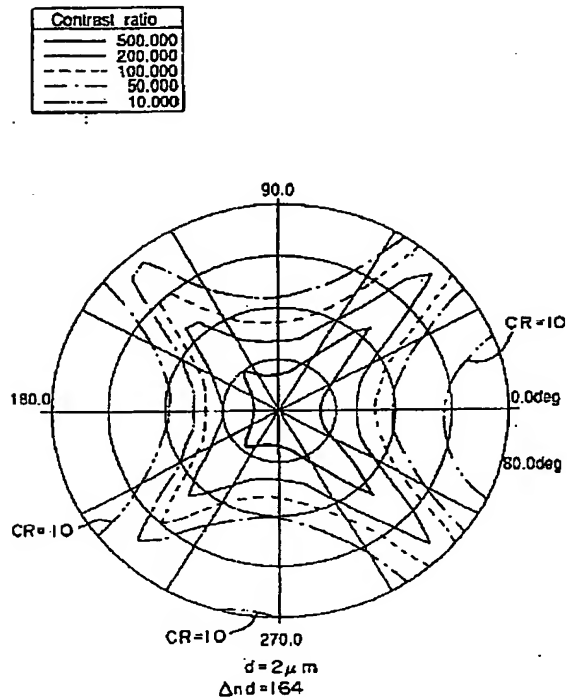
図6の液晶表示装置において、液晶層の厚さを1μm、  
液晶層のリターデーション値を8.2nmとした場合の視角特性を示す図



(22)

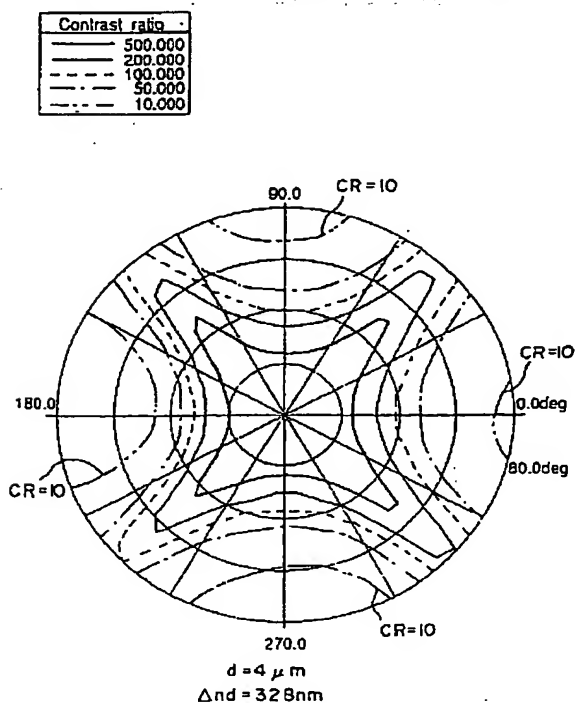
【図18】

図6の液晶表示装置において、液晶層の厚さを $2\mu\text{m}$ 、  
液晶層のリタレーション値を $164\text{nm}$ とした場合の視角特性を示す図



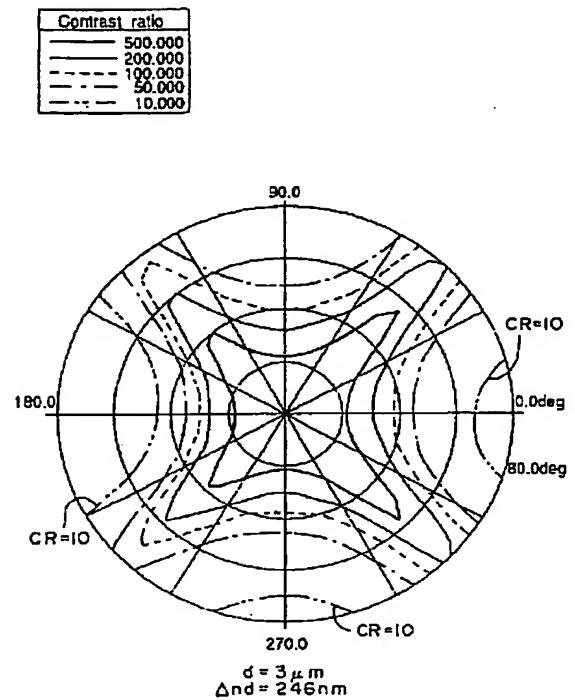
【図20】

図6の液晶表示装置において、液晶層の厚さを $4\mu\text{m}$ 、  
液晶層のリタレーション値を $328\text{nm}$ とした場合の視角特性を示す図



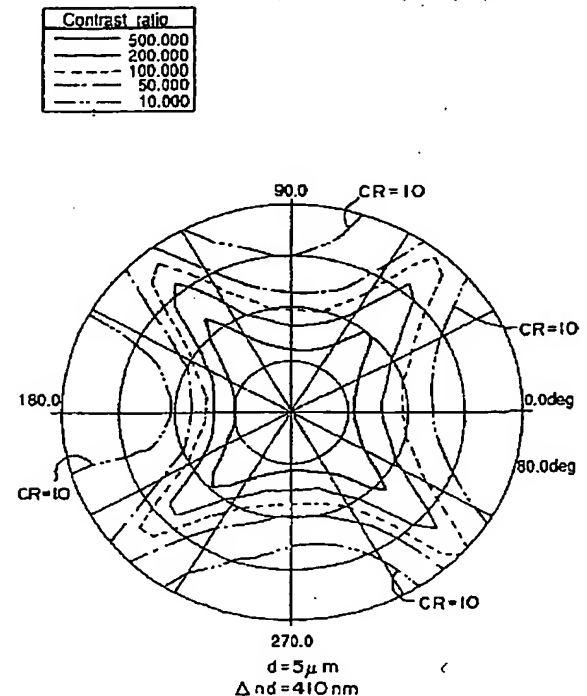
【図19】

図6の液晶表示装置において、液晶層の厚さを $3\mu\text{m}$ 、  
液晶層のリタレーション値を $246\text{nm}$ とした場合の視角特性を示す図



【図21】

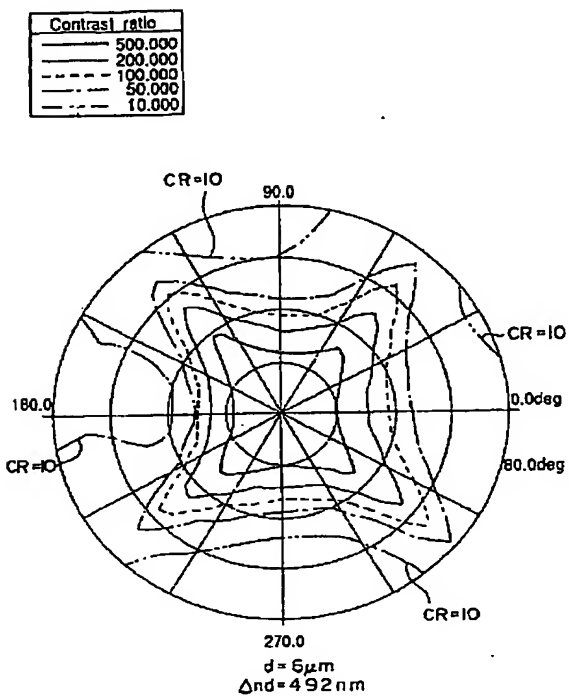
図6の液晶表示装置において、液晶層の厚さを $5\mu\text{m}$ 、  
液晶層のリタレーション値を $410\text{nm}$ とした場合の視角特性を示す図



(23)

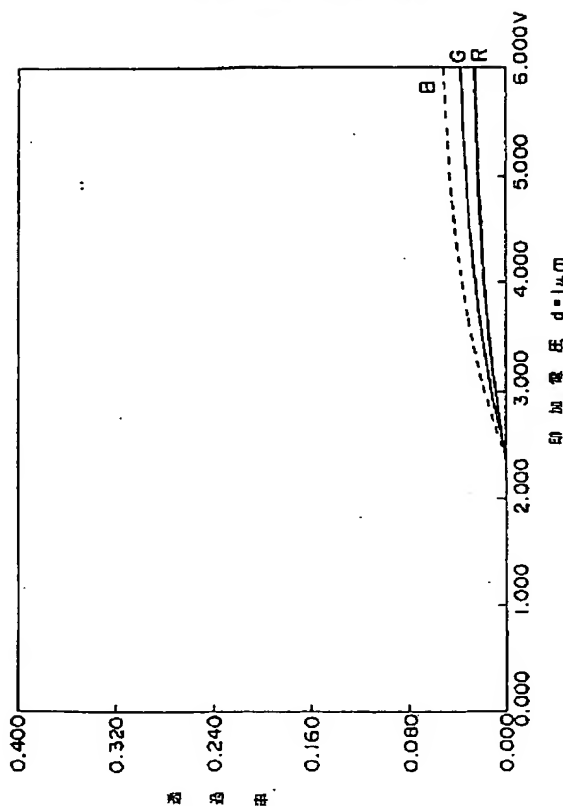
【図22】

図6の液晶表示装置において、液晶層の厚さを $6\mu\text{m}$ 、  
液晶層のリタレーション値を $492\text{nm}$ とした場合の視角特性を示す図



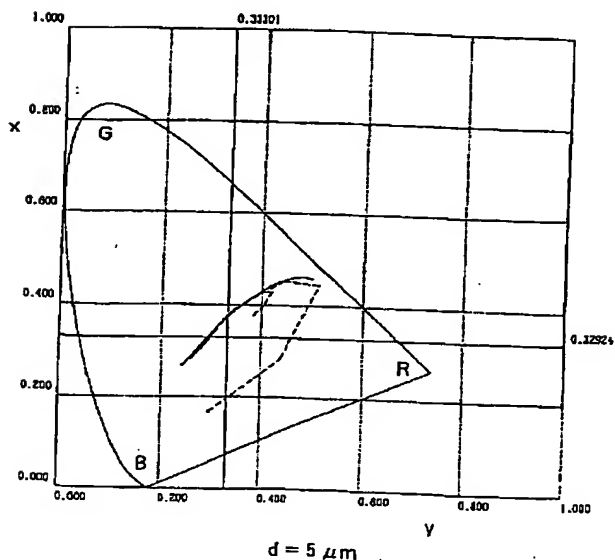
【図23】

図6の液晶表示装置において、液晶層の厚さを  
 $1\mu\text{m}$ とした場合の透過率特性を示す図



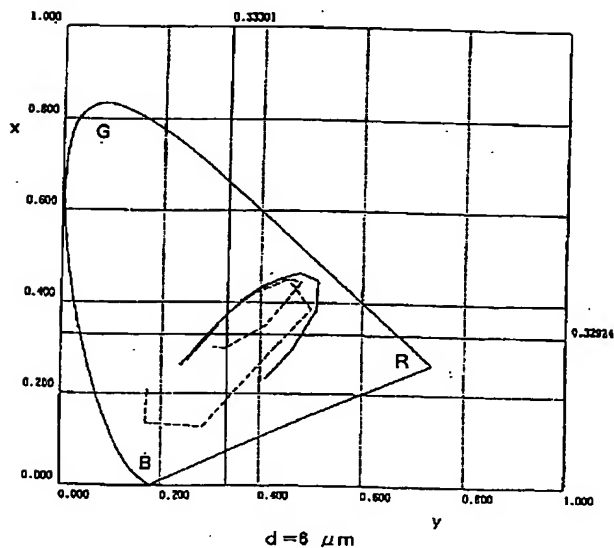
【図32】

図6の液晶表示装置において、液晶層の厚さを  
 $5\mu\text{m}$ とした場合の着色特性を示す図



【図33】

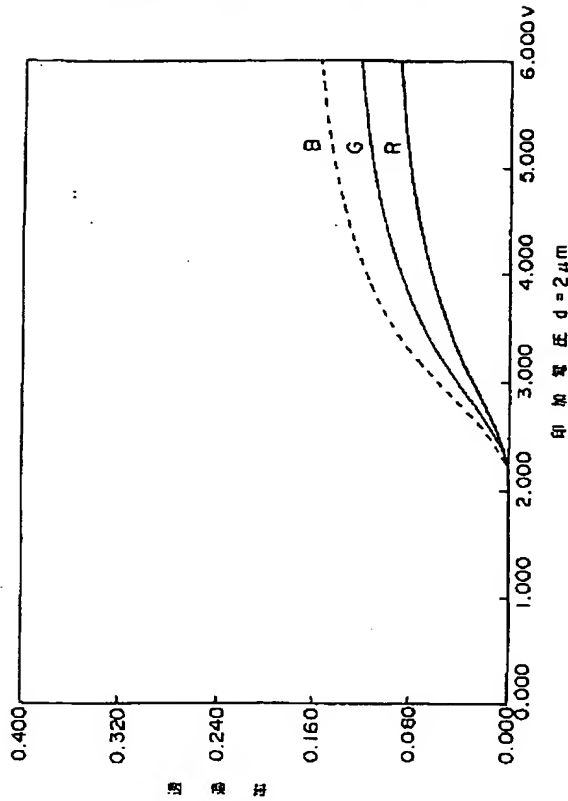
図6の液晶表示装置において、液晶層の厚さを  
 $6\mu\text{m}$ とした場合の着色特性を示す図



(24)

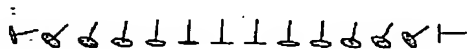
【図24】

図6の液晶表示装置において、液晶層の厚さを  
2  $\mu\text{m}$ とした場合の透過率特性を示す図

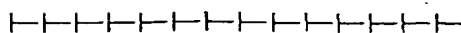


【図38】

図6の液晶表示装置において、カイラル材を含んだ液晶層中の  
分子配向を、それぞれ非駆動状態および駆動状態について示す図



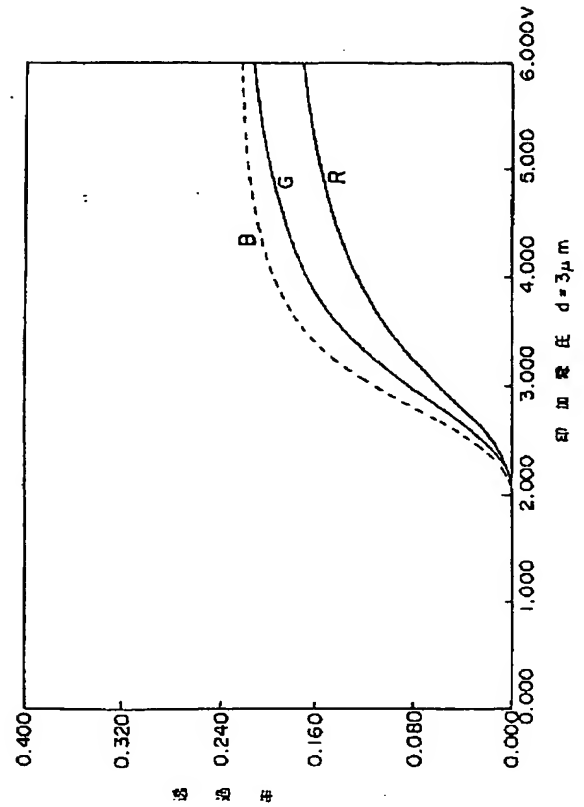
(B)



(A)

【図25】

図6の液晶表示装置において、液晶層の厚さを  
3  $\mu\text{m}$ とした場合の透過率特性を示す図

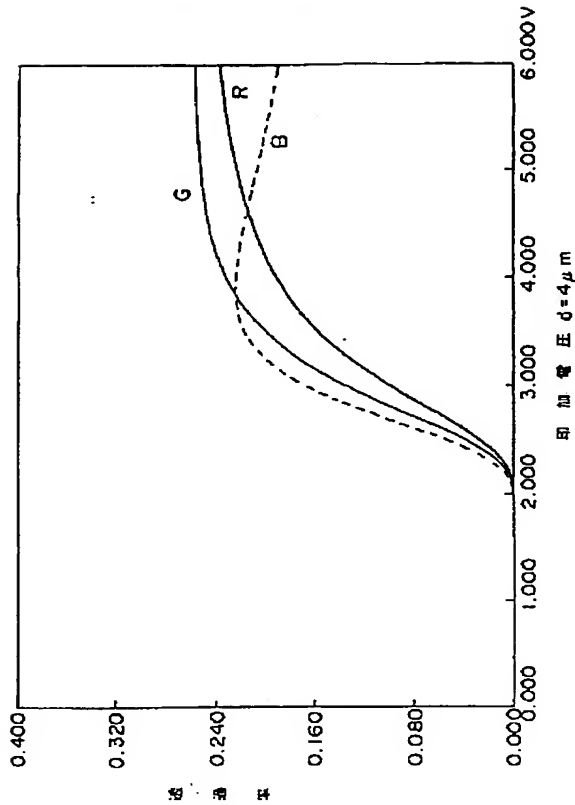




(25)

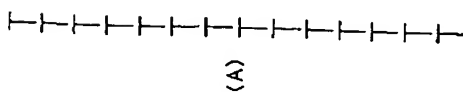
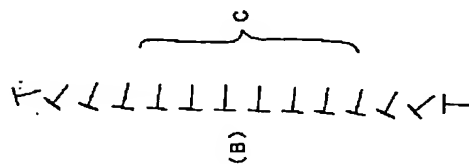
【図26】

図6の液晶表示装置において、液晶層の厚さを  
4  $\mu\text{m}$ とした場合の透過率特性を示す図



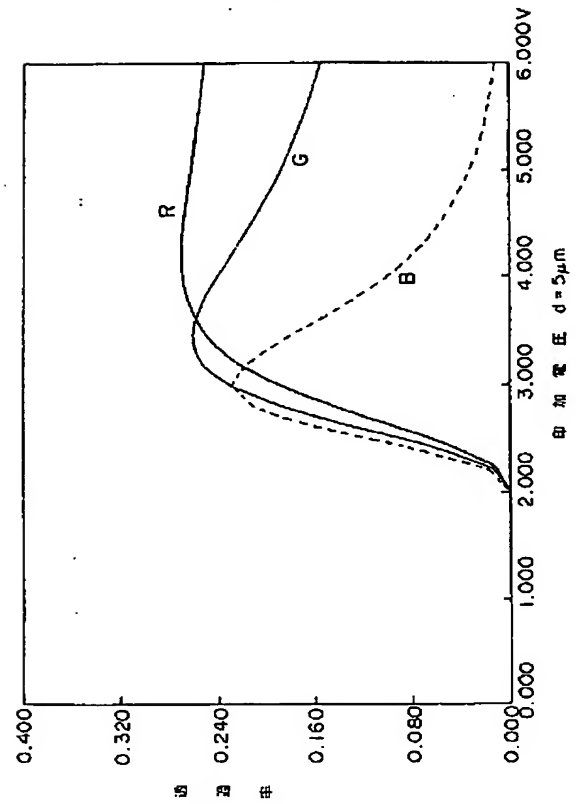
【図39】

図6の液晶表示装置において、カイラル材を含まない液晶層中の  
分子配向を、それぞれ非駆動状態および駆動状態について示す図



【図27】

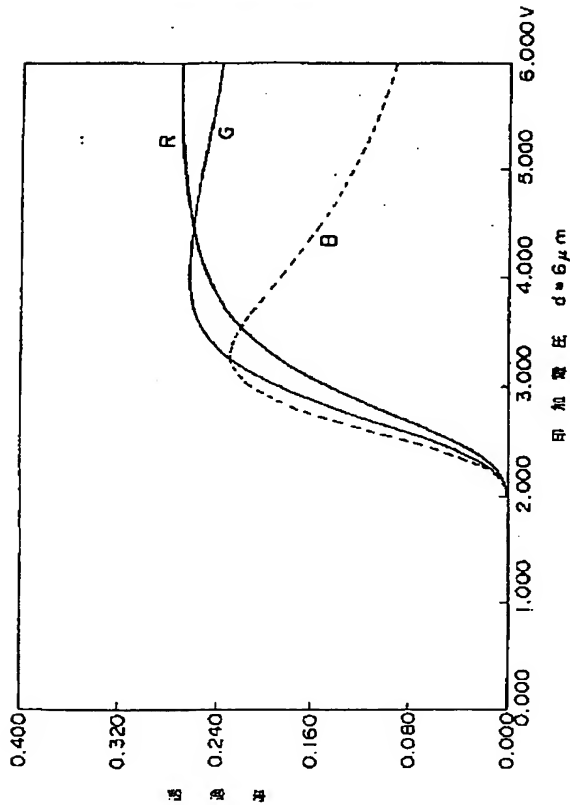
図6の液晶表示装置において、液晶層の厚さを  
5  $\mu\text{m}$ とした場合の透過率特性を示す図



(26)

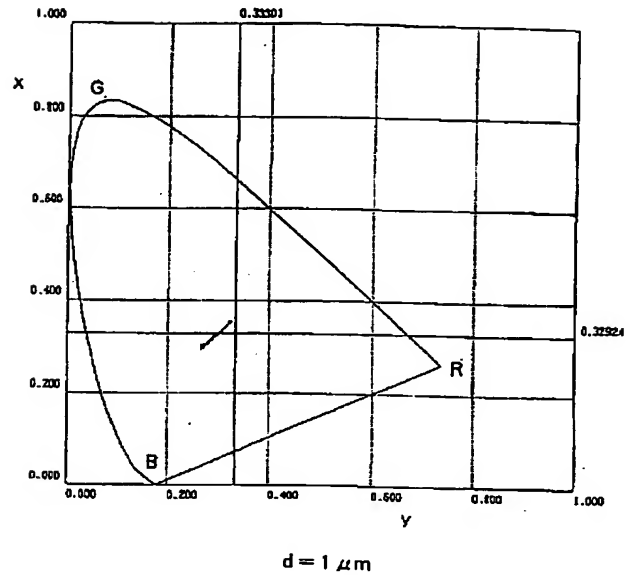
【図28】

図6の液晶表示装置において、液晶層の厚さを  
 $6\mu\text{m}$ とした場合の透過率特性を示す図



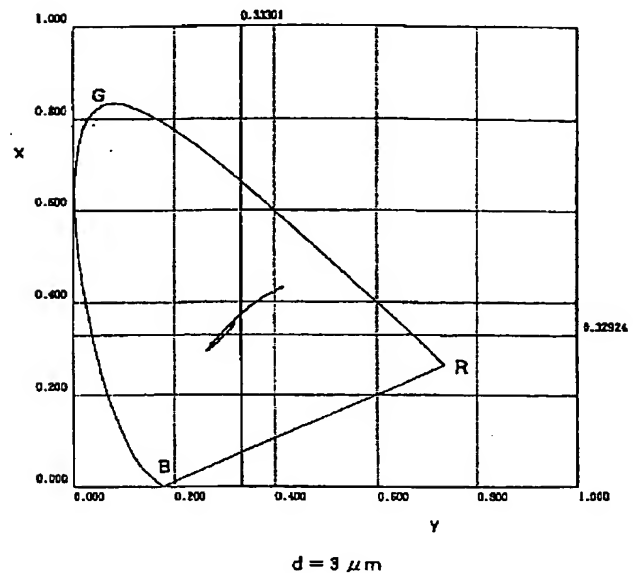
【図29】

図6の液晶表示装置において、液晶層の厚さを  
 $1\mu\text{m}$ とした場合の着色特性を示す図



【図30】

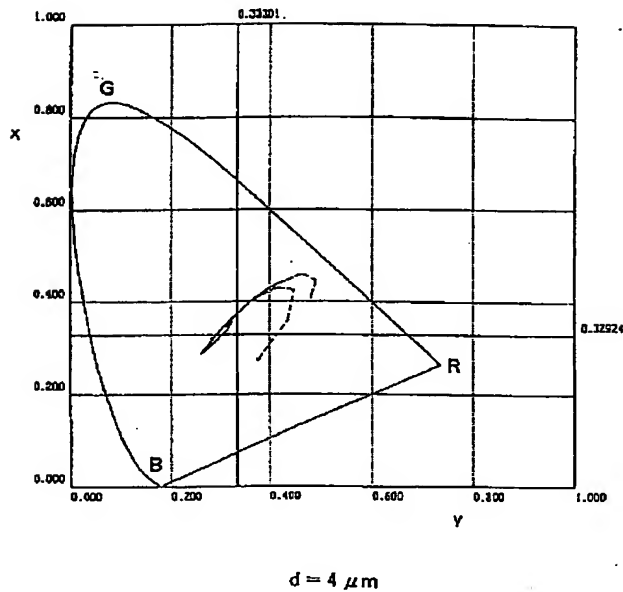
図6の液晶表示装置において、液晶層の厚さを  
 $3\mu\text{m}$ とした場合の着色特性を示す図



(27)

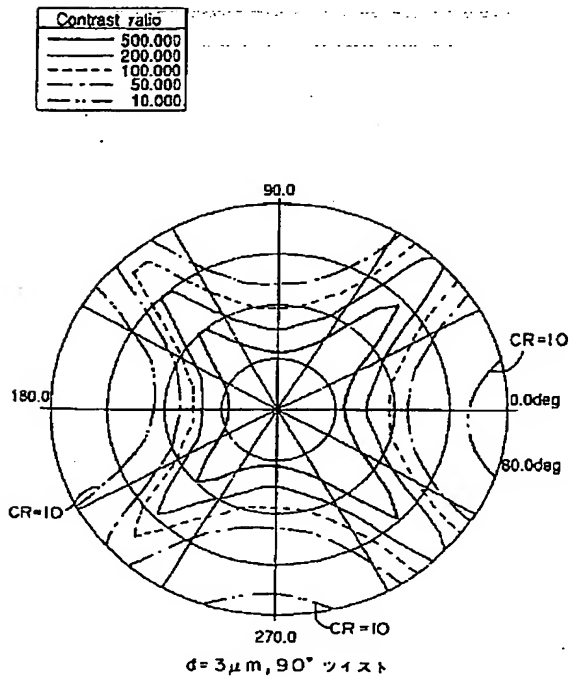
【図31】

図6の液晶表示装置において、液晶層の厚さを  
4  $\mu\text{m}$ とした場合の着色特性を示す図



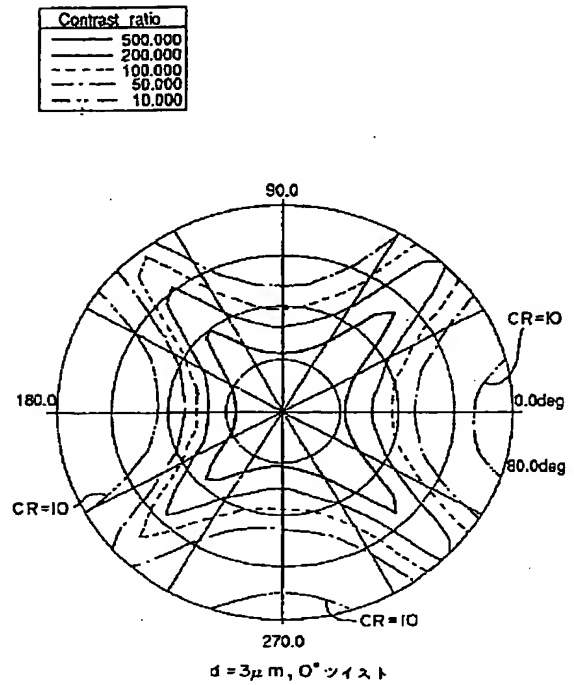
【図35】

図6の液晶表示装置において、液晶層の厚さを3  $\mu\text{m}$ 、  
ツイスト角を90°とした場合の視角特性を示す図



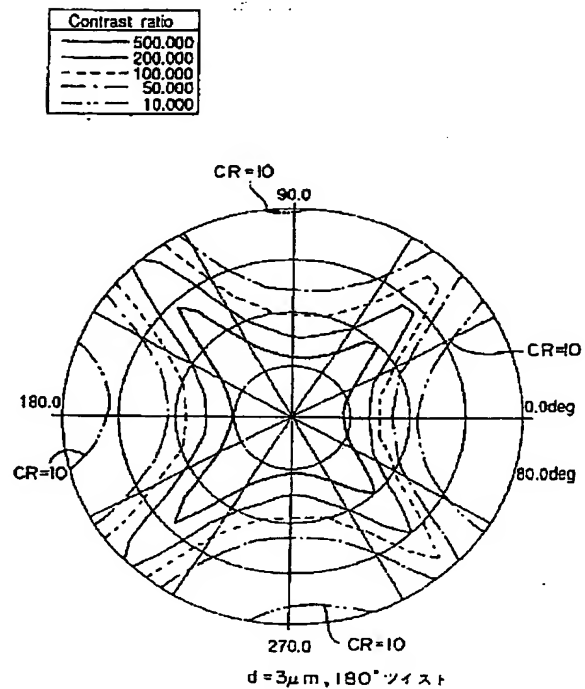
【図34】

図6の液晶表示装置において、液晶層の厚さを3  $\mu\text{m}$ 、  
ツイスト角を0°とした場合の視角特性を示す図



【図36】

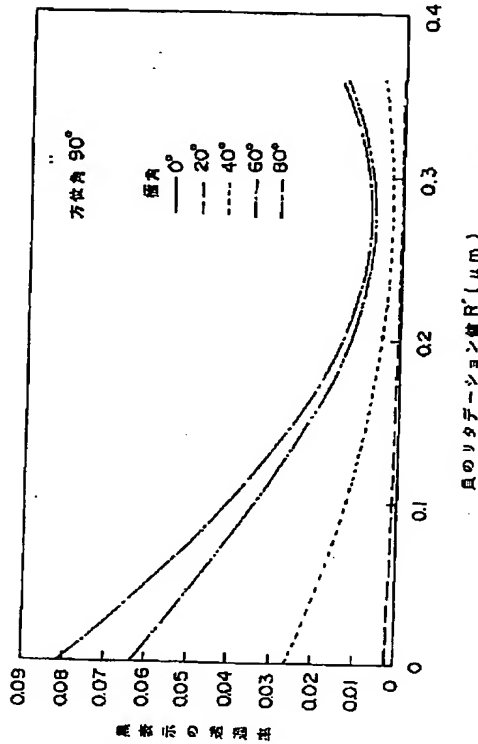
図6の液晶表示装置において、液晶層の厚さを3  $\mu\text{m}$ 、  
ツイスト角を180°とした場合の視角特性を示す図



(28)

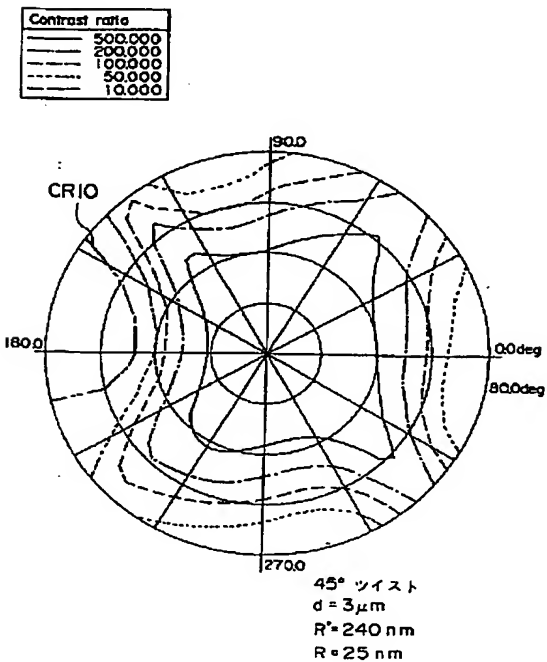
【図37】

図6の液晶表示装置の黒表示時における透過率を示す図



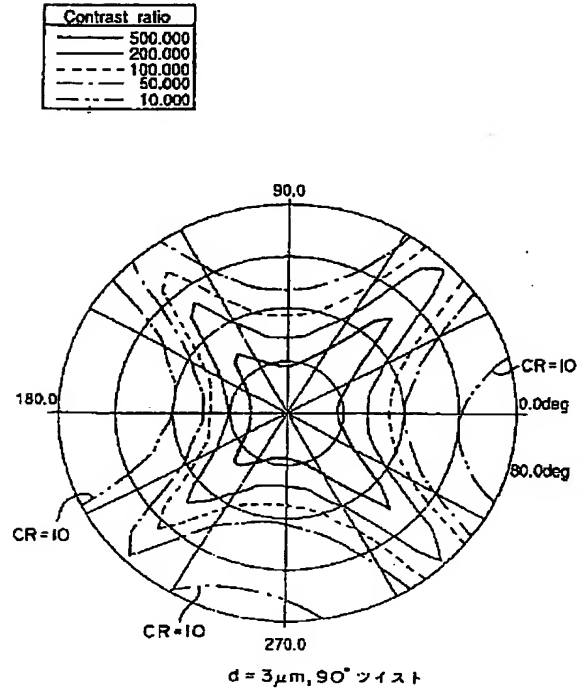
【図57】

図54の液晶表示装置の視角特性を示す図



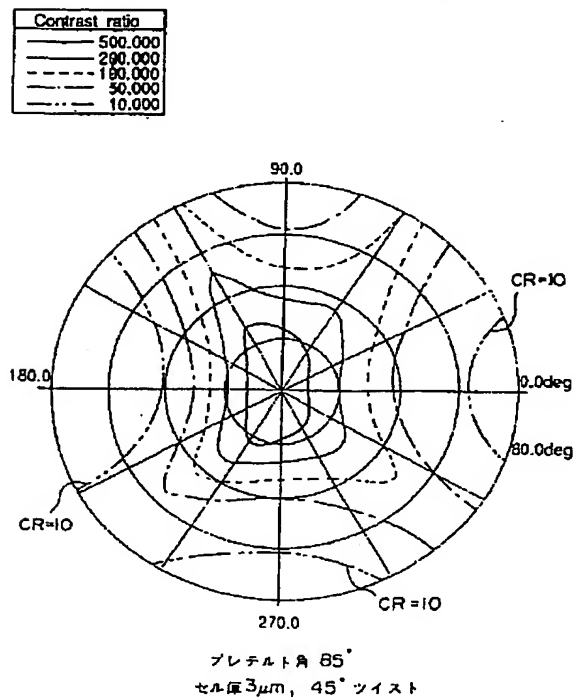
【図40】

図6の液晶表示装置において、液晶層中にカイラル材を添加した場合の視角特性を示す図



【図44】

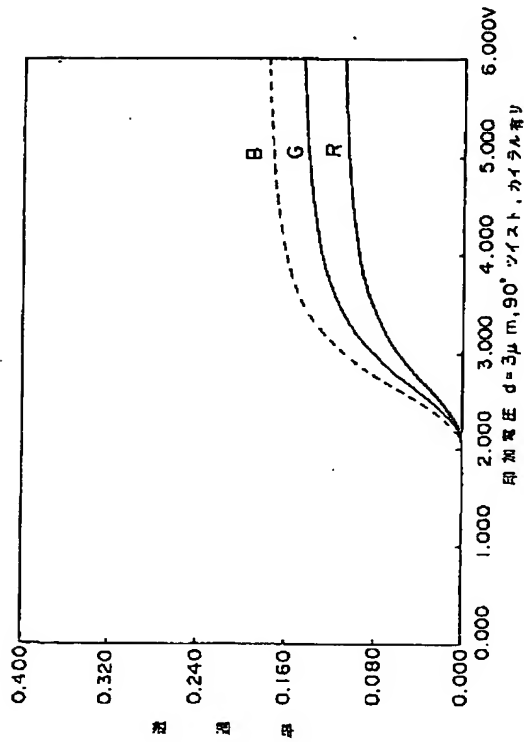
図8の液晶表示装置において、プレチルト角を85°に設定した場合の視角特性を示す図



(29)

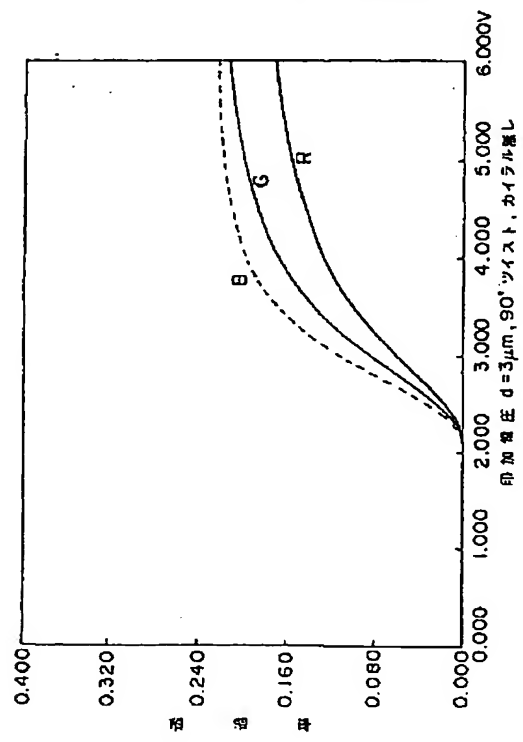
【図41】

図6の液晶表示装置において、液晶層中に  
カイラル材を添加した場合の透過率特性を示す図



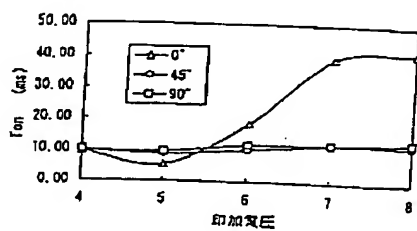
【図42】

図6の液晶表示装置において、液晶層中に  
カイラル材を添加しない場合の透過率特性を示す図



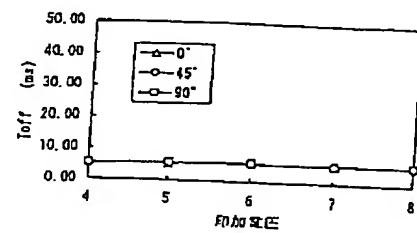
【図52】

本発明の第2実施例による液晶表示装置の立ち上がり特性を示す図



【図53】

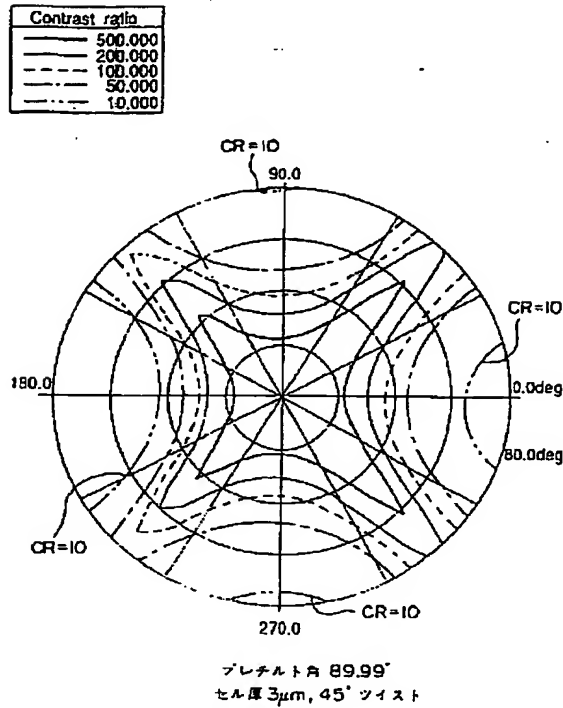
本発明の第2実施例による液晶表示装置の立ち下がり特性を示す図



(30)

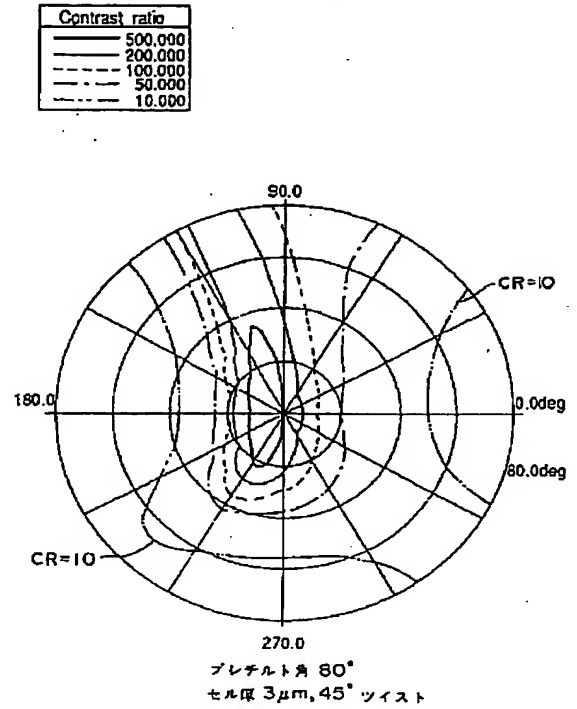
【図43】

図8の液晶表示装置において、プレチルト角を  
90°に設定した場合の視角特性を示す図



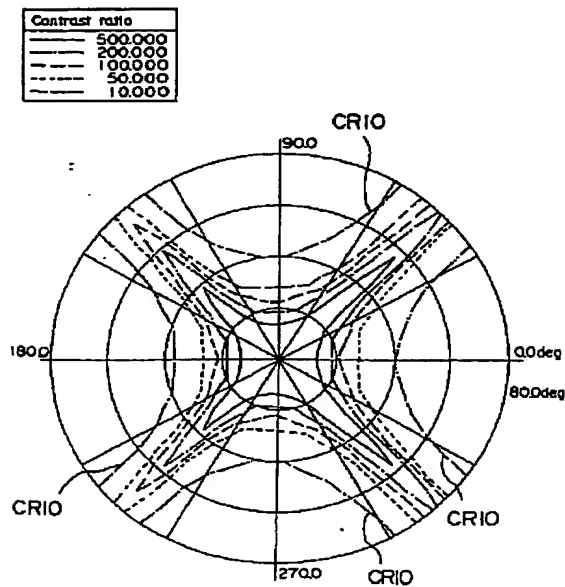
【図45】

図8の液晶表示装置において、プレチルト角を  
80°に設定した場合の視角特性を示す図



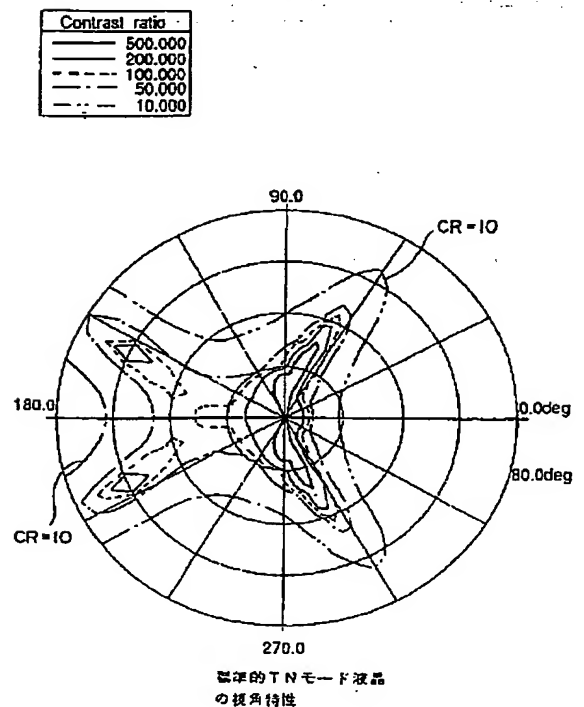
【図59】

図54の液晶表示装置において位相差補償フィルム  
を省略した場合の視角特性を示す図



【図47】

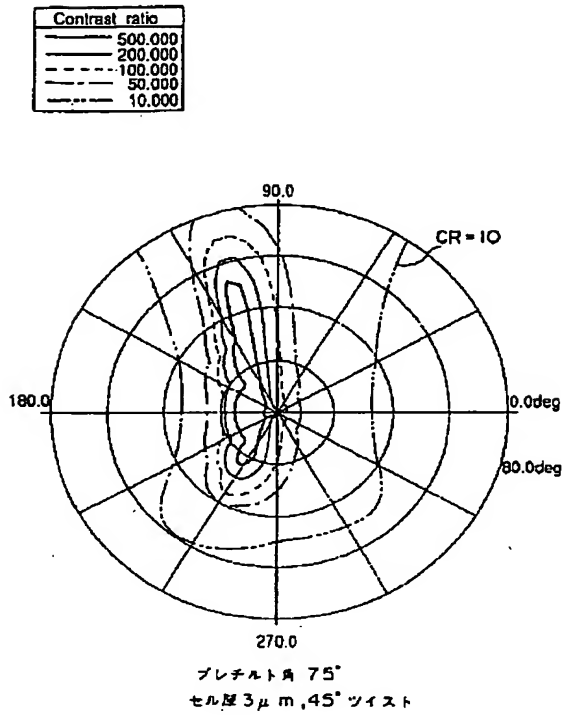
標準的なTNモード液晶表示装置の視角特性を示す図



(31)

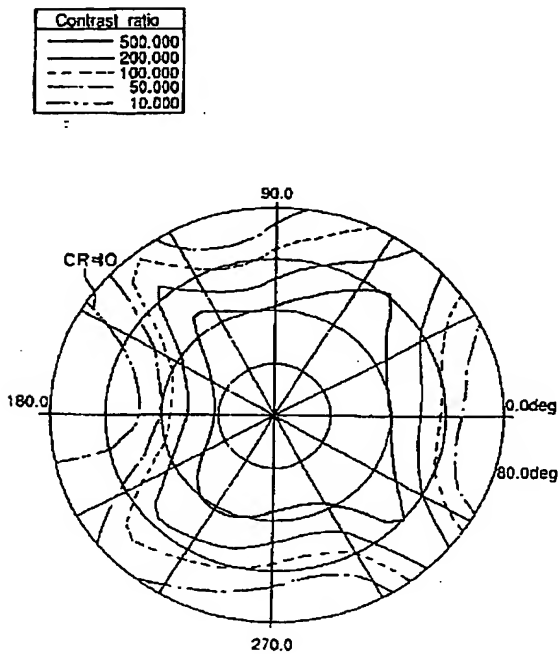
【図 4 6】

図6の液晶表示装置において、ブレチルト角を  
75°に設定した場合の視角特性を示す図



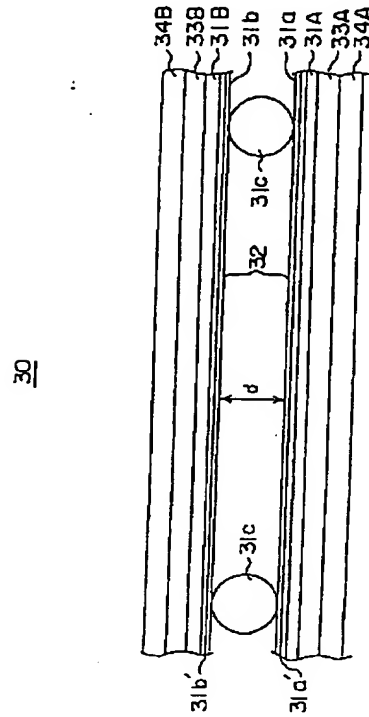
【图 6 3】

図 60 の液晶表示装置の視角特性を示す図



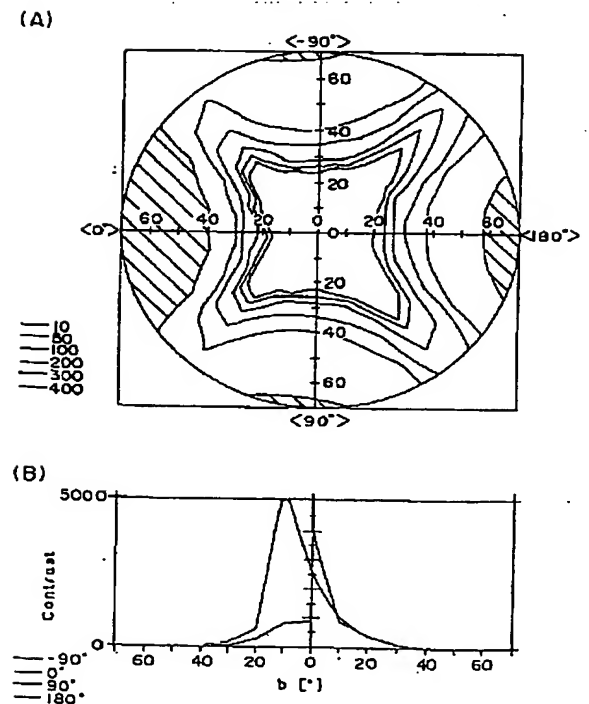
【図 48】

本発明の第１実施例による液晶表示装置の構成を示す断面図



【図50】

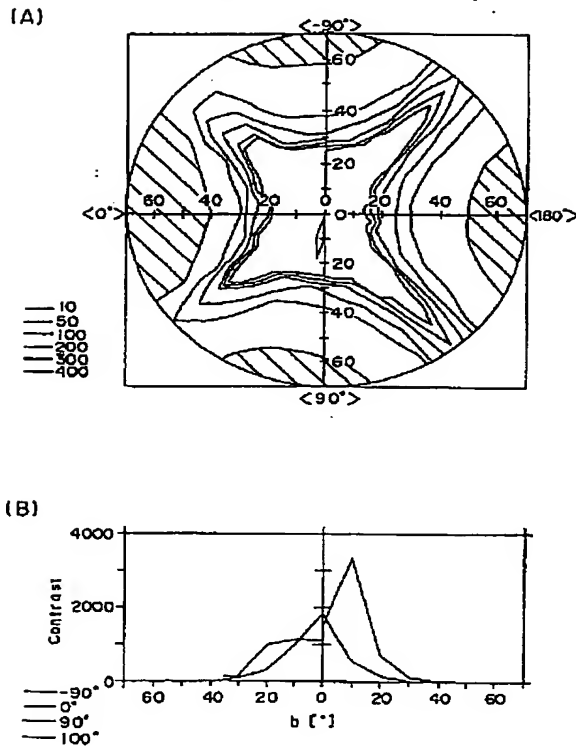
図48の液晶表示装置において、位相差補償板を設けた場合の視角特性を示す図



(32)

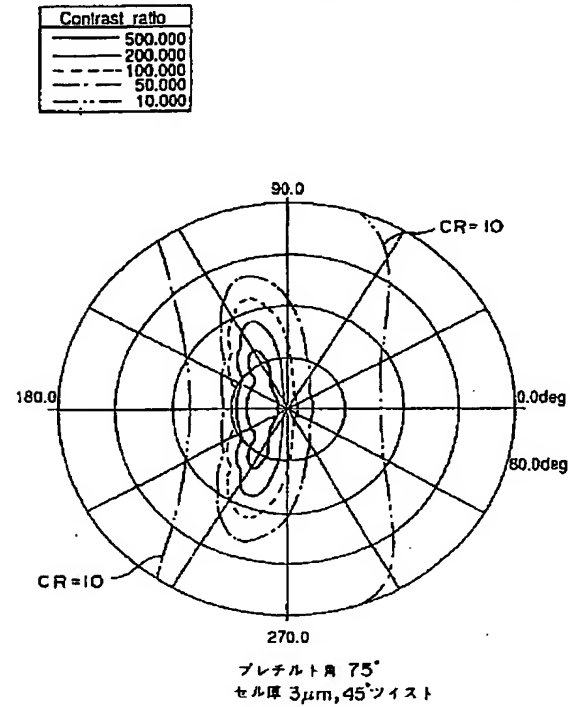
【図49】

図48の液晶表示装置の視角特性を示す図



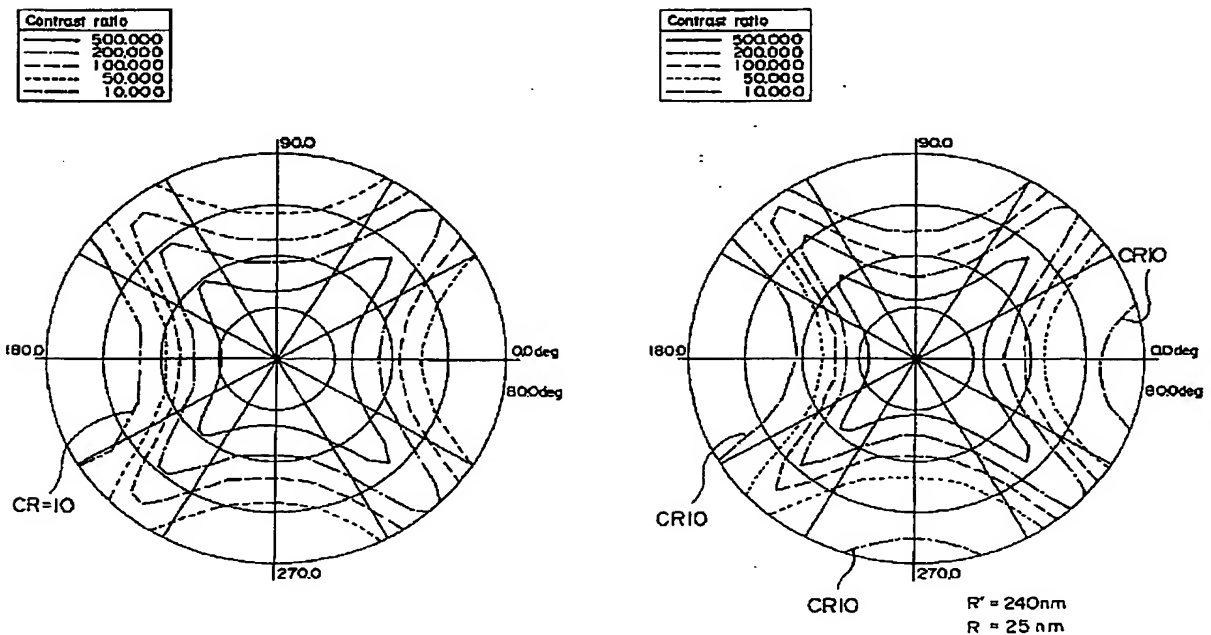
【図51】

図48の液晶表示装置において、プレチルト角を75°とし、液晶パネルの上下に位相差補償フィルタを配設した場合の視角特性を示す図



【図58】

図54の液晶表示装置において、正の位相差補償フィルムと負の位相差補償フィルムの順序を反転した場合の視角特性を示す図

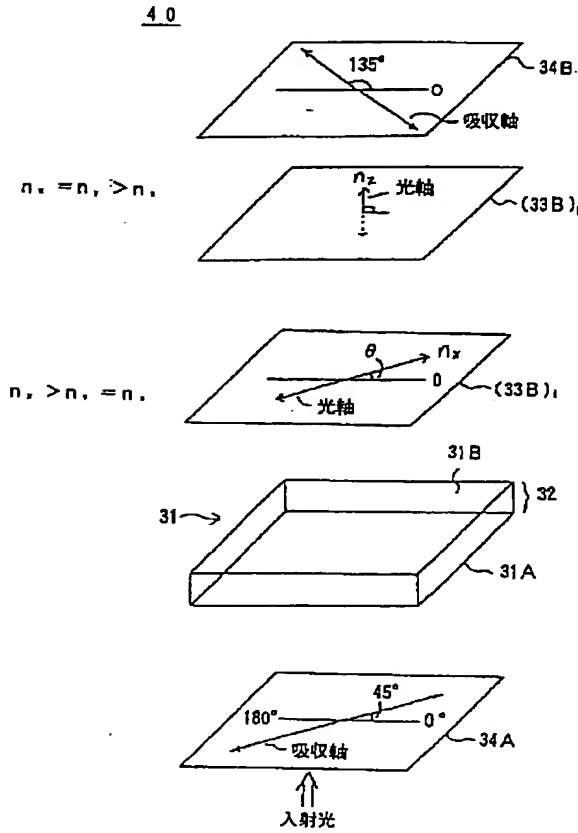




(33)

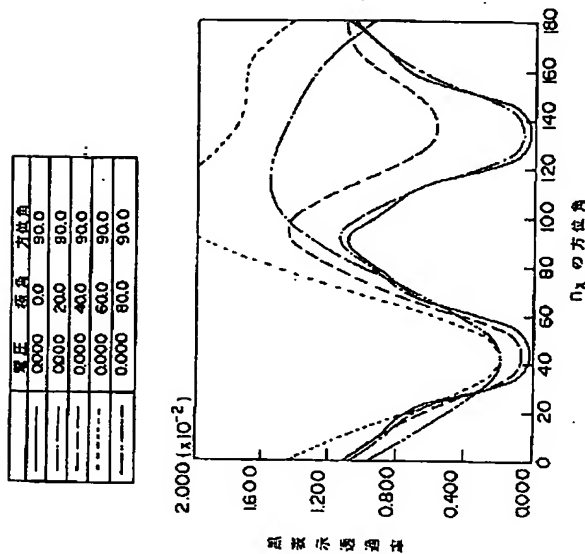
【図54】

本発明の第3実施例による液晶表示装置の構成を示す図



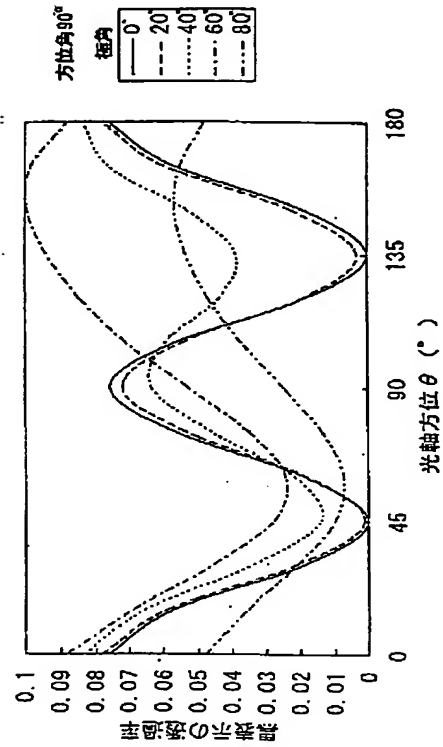
【図67】

図66の液晶表示装置の黒表示状態の透過率を示す図



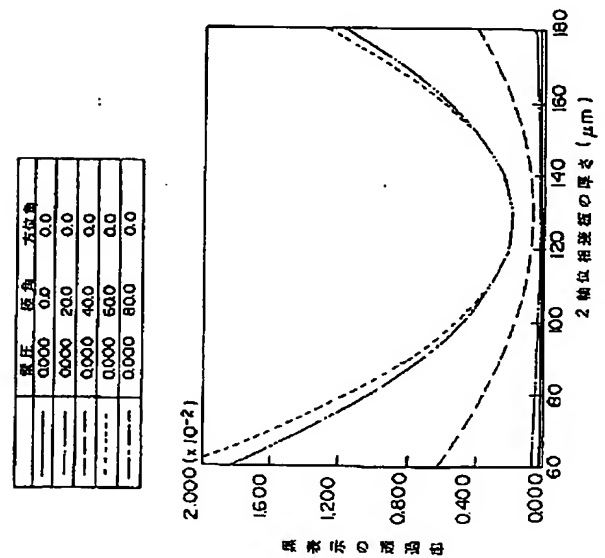
【図55】

図54の液晶表示装置における黒表示状態の透過率を示す図



【図68】

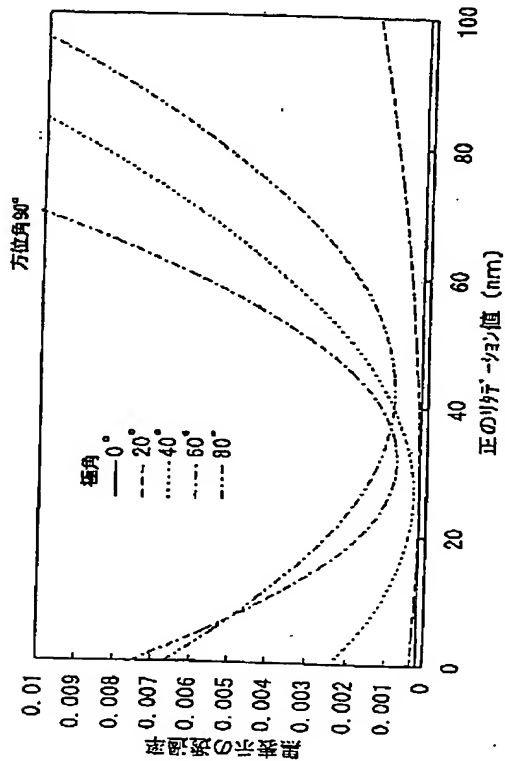
図66の液晶表示装置の黒表示状態の透過率を示す別の図



(34)

【図56】

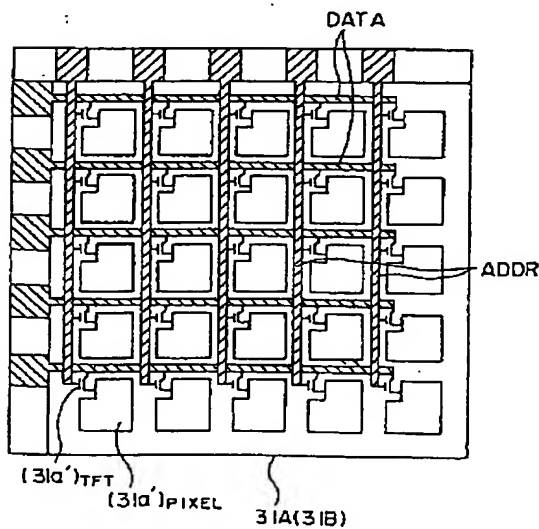
図54の液晶表示装置における黒表示状態の透過率を示す別の図



【図80】

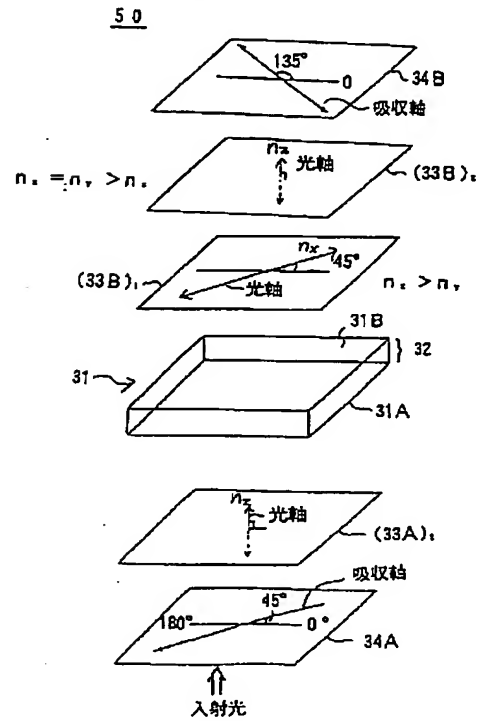
本発明の第11実施例による液晶表示装置の構成を示す図

110



【図60】

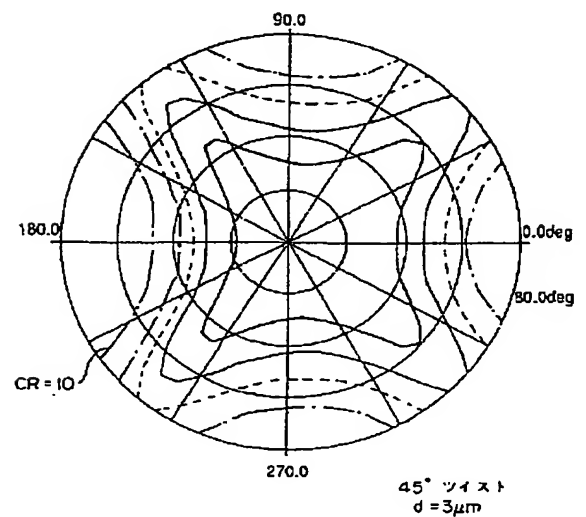
本発明の第4実施例による液晶表示装置の構成を示す図



【図65】

図64の液晶表示装置の視角特性を示す図

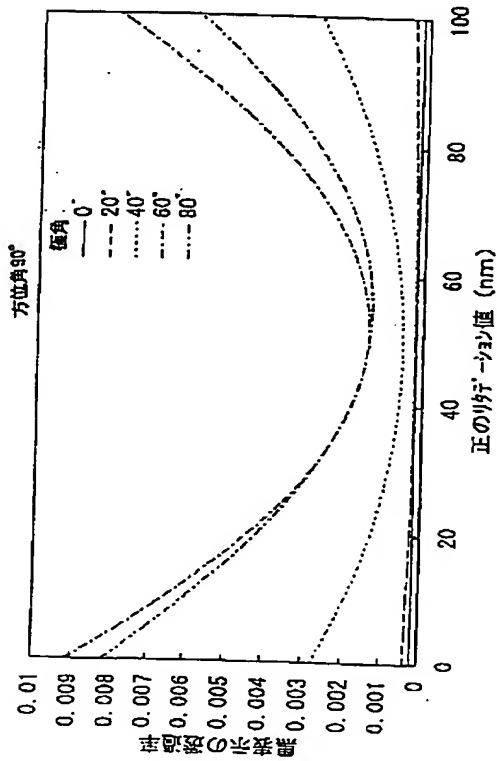
Contrast ratio
500.000
200.000
100.000
50.000
10.000



(35)

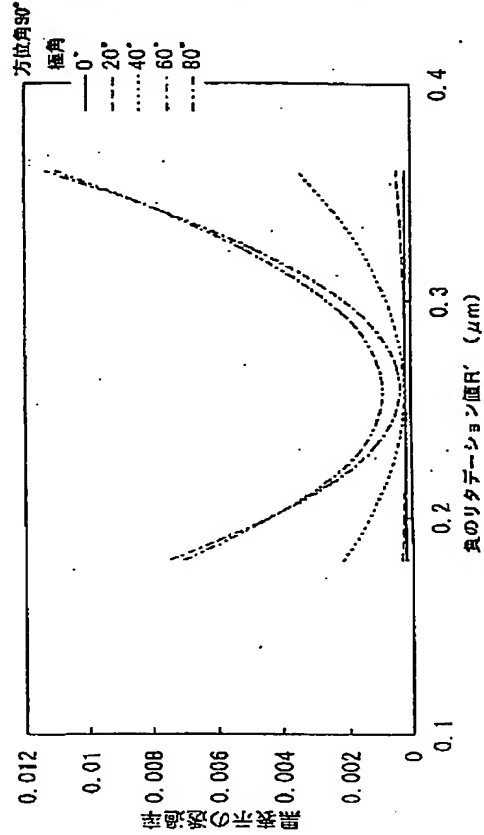
【図61】

図60の液晶表示装置における黒表示状態の透過率を示す図



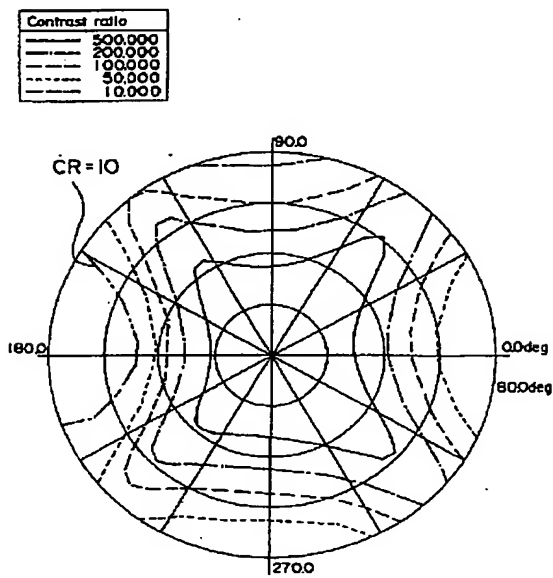
【図62】

図60の液晶表示装置における黒表示状態の透過率を示す別の図



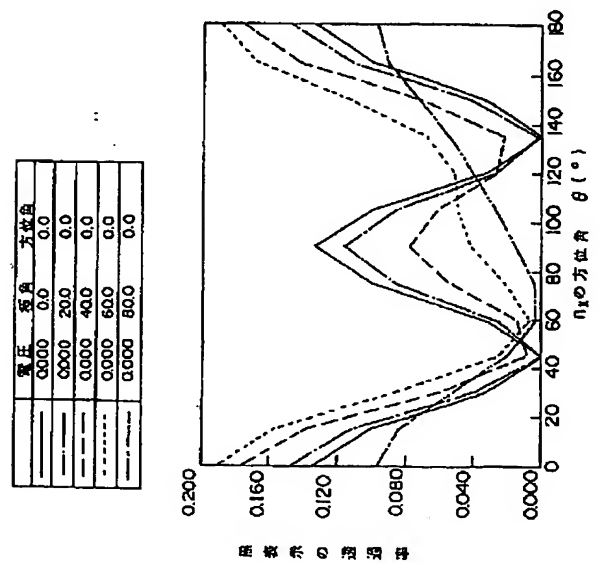
【図69】

図66の液晶表示装置の視角特性を示す図



【図73】

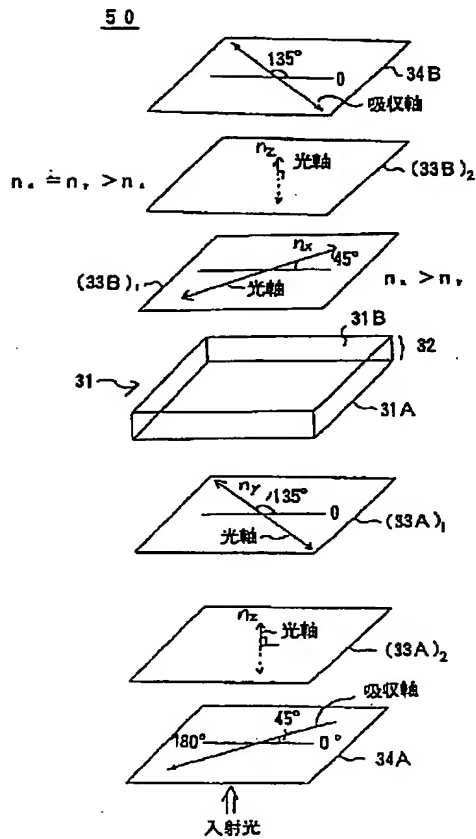
図72の液晶表示装置における黒表示状態の透過率を示す図



(36)

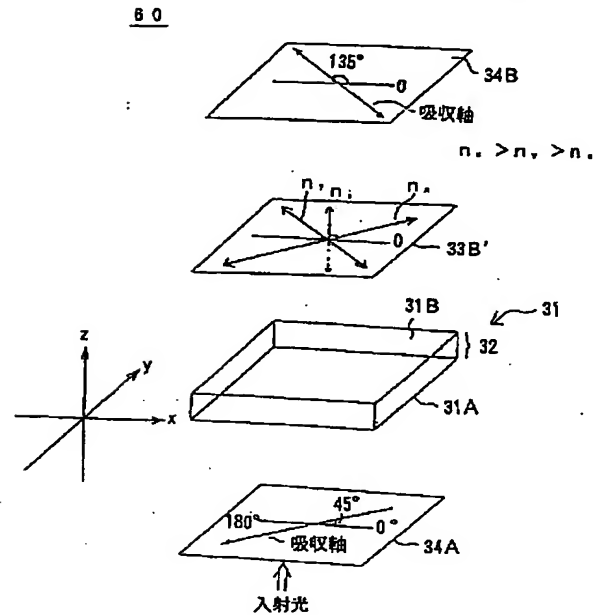
【図64】

本発明の第5実施例による液晶表示装置の構成を示す図



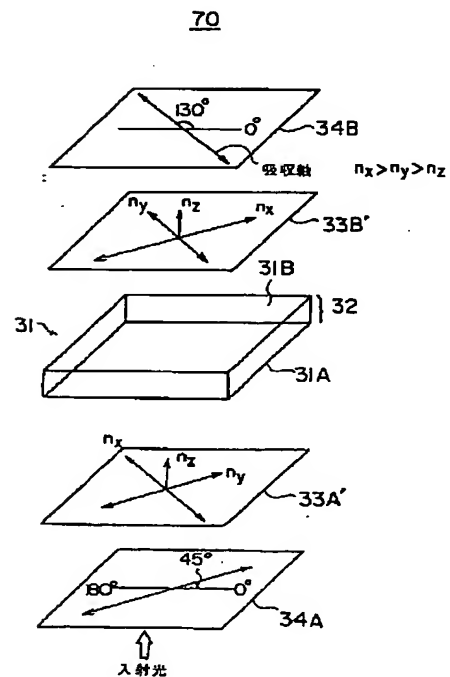
【図66】

本発明の第6実施例による液晶表示装置の構成を示す図



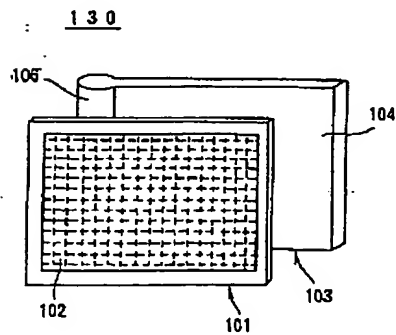
【図70】

本発明の第7実施例による液晶表示装置の構成を示す図



【図87】

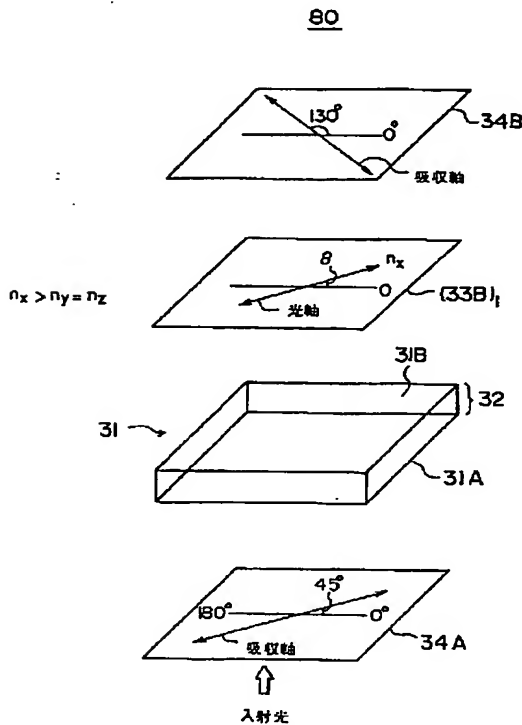
本発明による垂直型液晶表示装置を使った  
直視型液晶表示装置の構成を示す図



(37)

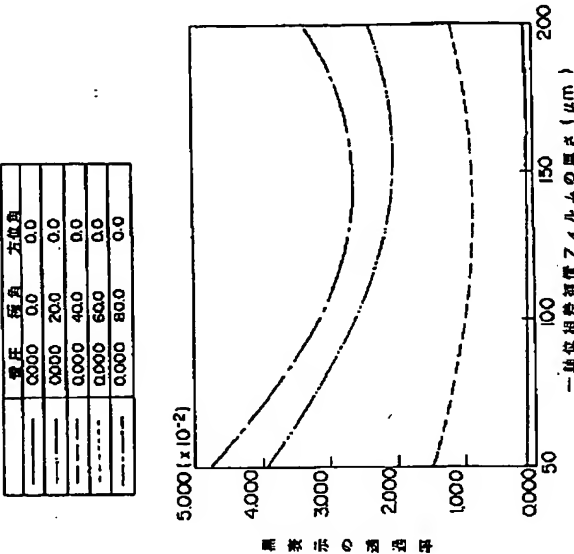
【図72】

本発明の第8実施例による液晶表示装置の構成を示す図



【図74】

図72の液晶表示装置における黒表示状態の透過率を示す図

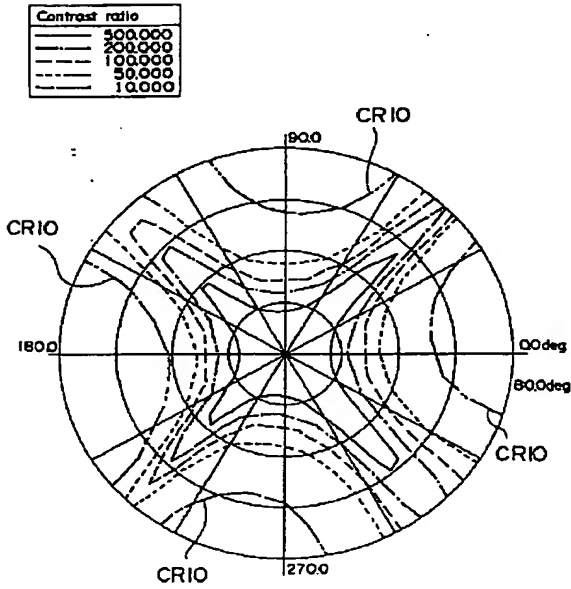


【図76】

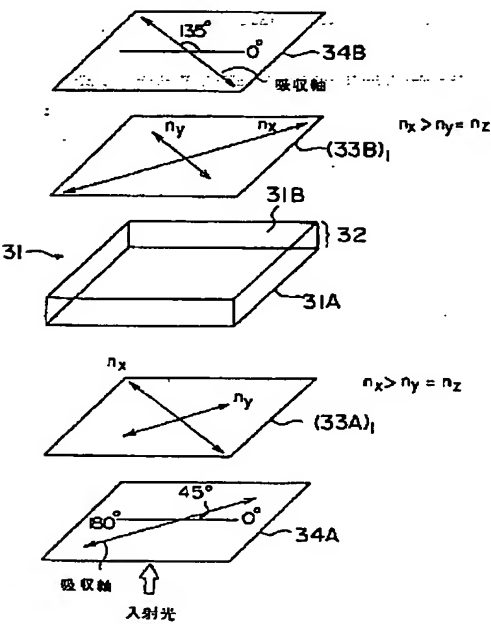
本発明の第8実施例による液晶表示装置の構成を示す図

【図75】

図72の液晶表示装置の視角特性を示す図



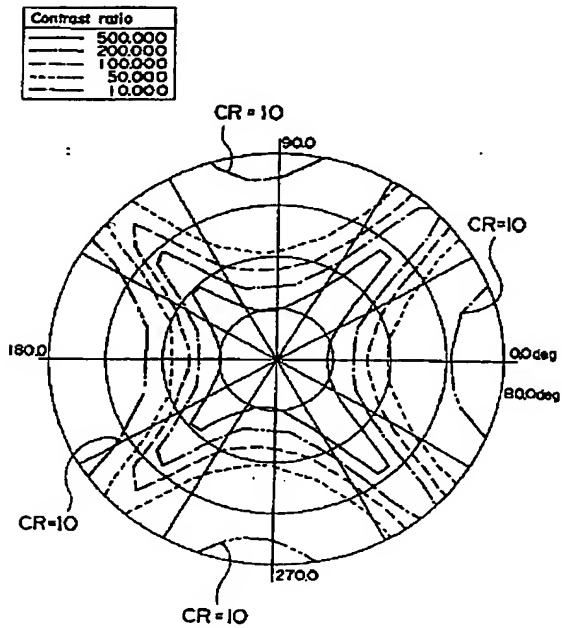
90



(38)

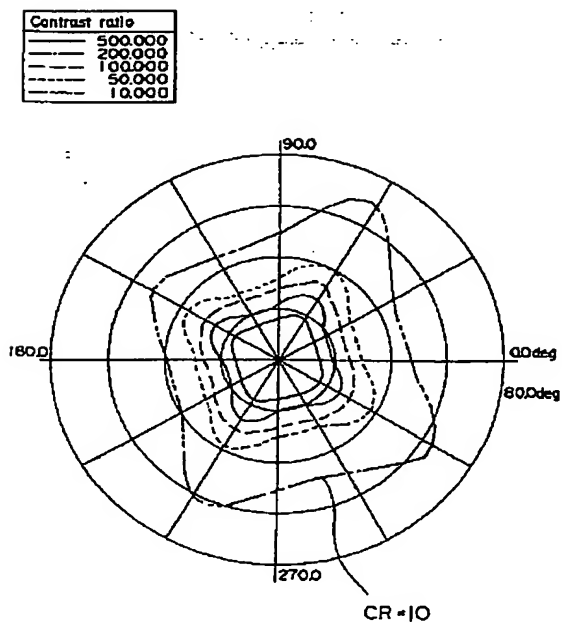
【図 7 7】

図 7 6 の液晶表示装置の視角特性を示す図



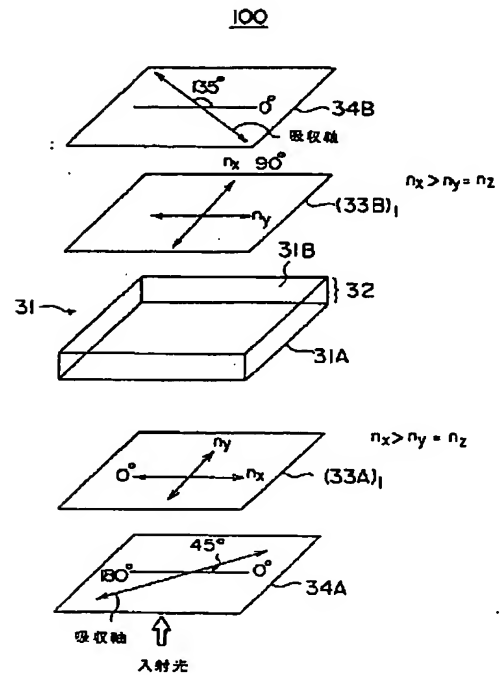
【图 7 9】

図 78 の液晶表示装置の視角特性を示す図



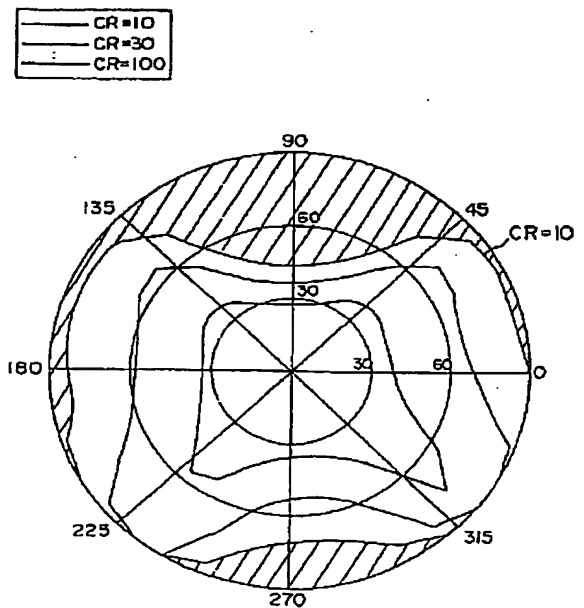
【图 7 8】

本発明の第 10 実施例による液晶表示装置の構成を示す図



【图 8 1】

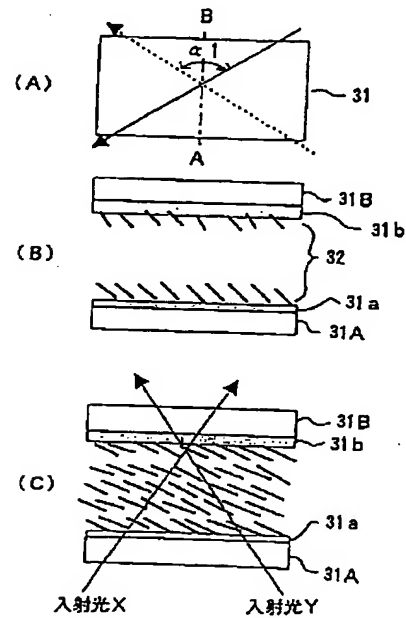
図 8 0 の液晶表示装置の視角特性を示す図



(39)

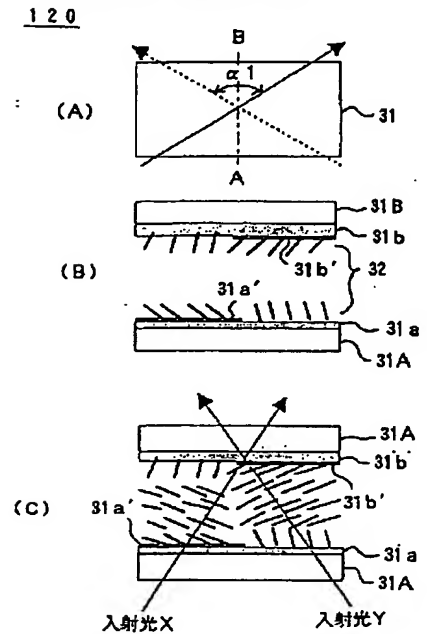
【図82】

単一メイン構成を有する本発明による液晶表示装置の構成を示す図



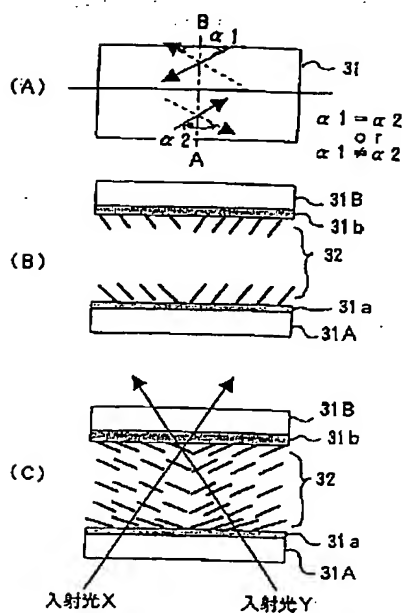
【図83】

分割配向構成を有する本発明の第2実施例による液晶表示装置の構成を示す図



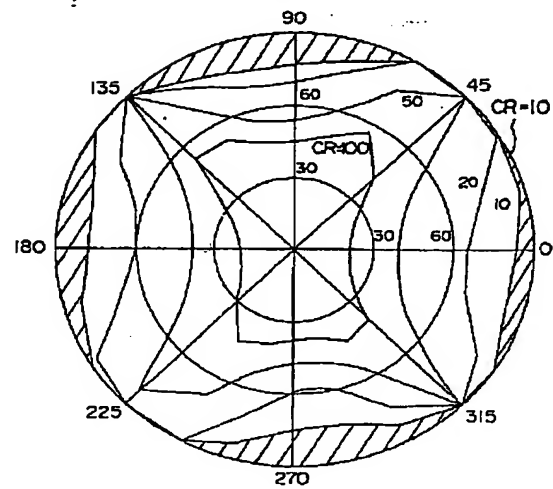
【図84】

図83の液晶表示装置の一変形例を示す図



【図85】

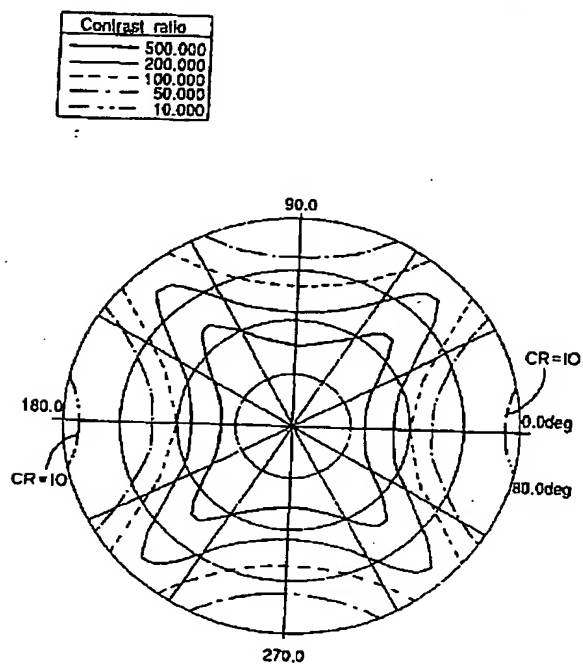
図84の液晶表示装置の視角特性を示す図



(40)

【図86】

図84の液晶表示装置の視角特性のシミュレーション結果を示す図



フロントページの続き

(72)発明者 佐々木 貴啓  
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
 1号 富士通株式会社内

(72)発明者 津田 英昭  
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
 1号 富士通株式会社内

(72)発明者 千田 秀雄  
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
 1号 富士通株式会社内